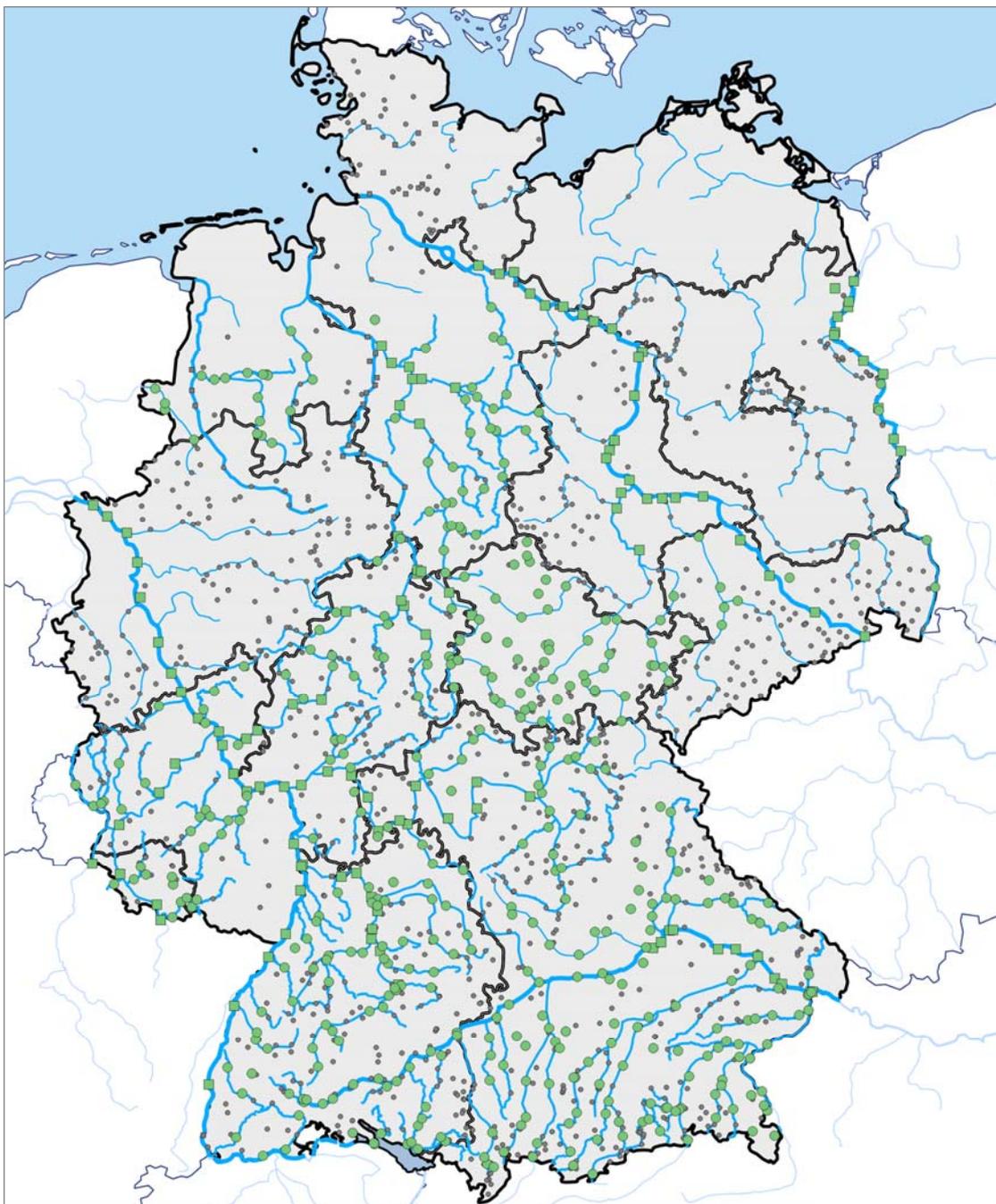




**LAWA**  
**Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser**

**Bericht zur Evaluation der  
Handlungsempfehlungen  
zur weiteren Verbesserung von Grundlagen  
und Qualität der Hochwasservorhersage  
an den deutschen Binnengewässern**



April 2018

Die vorliegende Evaluation der Handlungsempfehlungen wurde im Auftrag der LAWA-Vollversammlung und deren Arbeitsgruppe Hochwasser durch die LAWA - Expertengruppe „länderübergreifendes Hochwasserportal“ erarbeitet sowie im Bereich der meteorologischen Daten (Kapitel D) durch die LAWA-Expertengruppe „Hydrometeorologie“ erarbeitet.

Der LAWA-Expertengruppe „länderübergreifendes Hochwasserportal“ gehören als Mitglieder an (Mitwirkende der „Redaktionsgruppe“ zum Arbeitsauftrag sind unterstrichen):

<u>Ackermann, Dieter</u>	HH	Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg
<u>Anhalt, Markus</u>	NI	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
<u>Bremicker, Dr. Manfred</u>	BW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Obmann der Expertengruppe
Creutzfeldt, Dr. Benjamin	BE	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin
<u>Göritz, Steffen</u>	BB	Landesamt für Umwelt Brandenburg
<u>Hach, Ralf</u>	SH	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Höhne, Uwe	SN	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Sieben, Jan	GMLZ	Gemeinsames Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
<u>Krause, Dr. Peter</u>	TH	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Kremer, Matthias	HE	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Laurent, Stefan	BY	Wasserwirtschaftsamt Kempten
Lehmann, Heinz	RP	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Mothes, Dietmar	ITZBund	Informationstechnikzentrum Bund
<u>Rademacher, Silke</u>	BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Rigoll, Klaus	SL	Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland
Rolker, Imke	HB	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Müller, Philip	MV	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Spitzer, Sebastian	NW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Schreiter, Frank	ST	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
Vogelbacher, Dr. Alfons	BY	Landesamt für Umwelt Bayern

Als Gäste haben mitgewirkt:

<u>Demuth, Norbert</u>	RP	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
<u>Meyer, Sebastian</u>	NI	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
<u>Wilhelm, Frank</u>	BY	Landesamt für Umwelt Bayern

sowie

Preuß, Patrick                      Hydron GmbH, Karlsruhe

In den Bearbeitungsprozess nachrichtlich eingebunden waren die jeweiligen Ansprechpartner der Flussgebietsgemeinschaften Donau, Elbe, Ems, Rhein und Weser.

Im Bericht enthaltene Informationen zu den Pegeln der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes wurden von der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt bereitgestellt.

Titelseite: Hochwasserrelevante Pegel an deutschen Binnengewässern und Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen für diese Pegel (Stand 2017). Erläuterung und Legende siehe Kap. A

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	4
<b>1. Arbeitsauftrag und Vorbemerkungen</b> .....	7
<b>2. Kurzfassung der Evaluationsergebnisse</b> .....	9
<b>3. Evaluation der Empfehlungen für einzelne Handlungsfelder</b> .....	11
A Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung .....	11
B Absicherung der technischen Ausfallsicherheit .....	21
C Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit .....	28
D Verbesserung von Umfang und Qualität der verfügbaren Ereignisdaten .....	30
E Systemdaten und Prozessbeschreibung in Hochwasservorhersagemodellen...	39

## Anlagen:

A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertungen zu Handlungsfeld A, Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung.....	42
B: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertungen zu Handlungsfeld B, Absicherung der technischen Ausfallsicherheit.....	48
C: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertungen zu Handlungsfeld C, Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit.....	53
D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertungen zu Handlungsfeld D, Verbesserung von Umfang und Qualität der verfügbaren Ereignisdaten...	55
E: Glossar / Definition von Begrifflichkeiten .....	66

## Vorwort

In Vorbereitung und zur Aufstellung des Nationalen Hochwasserschutzprogramms hat die LAWA auf Bitte der Umweltministerkonferenz und in Zusammenarbeit mit den Flussgebietsgemeinschaften 2014 die „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an deutschen Binnengewässern“ erarbeitet. Es wurde auch beschlossen, im Nachgang den Stand des Erreichten zu evaluieren.

Die vorliegende Evaluation der Handlungsempfehlungen zeigt, dass die Anzahl von hochwasserrelevanten Pegeln und die Anzahl der Pegel, für die Hochwasservorhersagen veröffentlicht werden, innerhalb von Deutschland räumlich sehr unterschiedlich ausgeprägt ist (siehe folgende Tabelle sowie Abbildung A-1 auf Seite 12).

Bundesland (nur Flächenländer, sortiert nach Anzahl hochwasserrelevanter Pegel pro 1000 km <sup>2</sup> )	hochwasser- relevante Pegel		Pegel mit Veröffent- lichung von HW- Vorhersagen mit Lage im Bundesland	
	Anzahl	pro 1.000 km <sup>2</sup>	Anzahl	pro 1.000 km <sup>2</sup>
Saarland	25	9,7	13	5,1
Baden-Württemberg	252	7,0	101	2,8
Bayern	488	6,9	170	2,4
Sachsen	106	5,7	14	0,8
Hessen	115	5,4	41	1,9
Thüringen	83	5,1	57	3,5
Brandenburg*	130	4,4	16	0,5
Schleswig-Holstein*	65	4,1	1	0,1
Rheinland-Pfalz	80	4,0	39	2,0
Nordrhein-Westfalen*	137	4,0	7	0,2
Sachsen-Anhalt*	70	3,4	15	0,7
Niedersachsen*	113	2,4	67	1,4
Mecklenburg-Vorpommern*	3	0,1	2	0,1

\*Bundesland mit Flächenanteil im norddeutschen Tiefland

Diese unterschiedliche räumliche Dichte von hochwasserrelevanten Pegeln beruht größtenteils darauf, dass die Hochwasserentstehung und die Hochwasserentwicklung insbesondere im norddeutschen Flachland anders einzuschätzen sind als in Gebieten mit überwiegendem Mittel- oder Hochgebirgsanteil, wo durch orographische Bedingungen in Verbindung mit einem höheren Niederschlagsaufkommen in der Regel ein dynamischeres Abflussverhalten vorliegt. Dadurch ist in gebirgsgeprägten Flussgebieten eine erhöhte Pegelanzahl notwendig. Im Flachland hingegen entwickelt sich eine Hochwasserwelle in Abhängigkeit der Flussgebietscharakteristik in der Regel homogener, weshalb dort oftmals eine geringere Pegeldichte ausreicht, um die Abflussverhältnisse zu erfassen.

Des Weiteren gibt es Gebiete im norddeutschen Flachland, in denen trotz einer hohen Gewässerdichte – also relativ vielen Fließ- und Standgewässern in der Fläche – nur für einen geringen Anteil dieser Gewässer ein Hochwassergefährdungspotential besteht, wodurch die Pegelanzahl ebenfalls niedriger ausfallen kann.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Bundesländer bei der Ermittlung der Anzahl hochwasserrelevanter Pegel die im Glossar aufgeführten Auswahlaspekte entsprechend regionaler Gegebenheiten und damit z. T. unterschiedlich gewichtet haben.

Die insgesamt geringere Vulnerabilität bestimmter Regionen und kleiner Einzugsgebiete im norddeutschen Tiefland führt darüber hinaus dazu, dass eine modellgestützte Erstellung von Hochwasservorhersagen dort derzeit nicht vorhanden und z.T. auch zukünftig nicht vorgesehen ist.

Regionale Besonderheiten in Tieflandregionen sind jedoch in jedem Fall differenziert voneinander zu bewerten, da dies nicht bedeutet, dass in den Tieflandregionen generell keine Hochwasservorhersage erforderlich ist.

In urban geprägten Einzugsgebieten ist die Erstellung von Vorhersagen für kleinere Gewässer aufgrund der kurzen Reaktionszeiten sowie der komplexen Kanalisations- und Entwässerungssysteme außerordentlich schwierig und oftmals nicht (sinnvoll) möglich.

Bundesländer, die aus den vorgenannten fachlichen und volkswirtschaftlichen Gründen bisher keine Hochwasservorhersagen erstellen, sind BE, HB, HH, MV und SH.

### **Besonders wichtige Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen**

Der Umsetzungsgrad der Handlungsempfehlungen in 2017 hat sich gegenüber dem Zustand von 2013 z.T. deutlich erhöht. Für die jeweiligen Akteure (Bundesländer, Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, Deutscher Wetterdienst, Informationstechnikzentrum Bund) verbleibt jedoch im jeweiligen Zuständigkeitsbereich zumeist ein Verbesserungsbedarf, der regional bzw. auf einzelne Handlungsfelder bezogen auch erheblich sein kann.

Der vorliegende Evaluationsbericht gibt detaillierte Entscheidungshilfen, um die notwendigen Verbesserungen einzuleiten bzw. fortzusetzen. Besonders wichtige Erkenntnisse sind:

- Die Anzahl der Pegel an deutschen Binnengewässern, für die **Hochwasservorhersagen veröffentlicht** werden, hat sich von 2013 auf 2017 um rund 33% erhöht. *Details: Abb. A-1 und A-2, Seiten 12 und 13.*
- Ein **Ausbaubedarf bei der Erstellung von Hochwasservorhersagen** wird insbesondere in Teilen von BB, BE, NI, NW, RP und ST festgestellt. Dies betrifft u.a. die Spree und einige weitere Elbezuflüsse, das Flussgebiet Weser-Ems sowie einige Zuflüsse zum Niederrhein. *Details: Abb. A-1, Seite 12.*
- Bei der **technischen Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und des ITZ-Bund** hat sich die Anzahl der Zentralen mit mindestens größtenteils umgesetzten Empfehlungen von 2013 auf 2017 zwar insgesamt verbessert, aber in mehreren Zentralen besteht in einzelnen Bereichen z. T. noch ein erheblicher Verbesserungsbedarf. *Details: Abb. B-5 bis B-7, Seite 25 ff.*

- Im Vergleich zu 2013 hat sich 2017 die **personelle Ausstattung der Hochwasservorhersagezentralen** in 3 Bundesländern deutlich und in 5 weiteren Bundesländern leicht verbessert. In den übrigen Ländern blieb die Personalausstattung unverändert bzw. nahezu gleich. In 5 Bundesländern besteht in mindestens einem Funktionsbereich der jeweiligen Hochwasservorhersagezentrale noch mindestens ein mittlerer bis hoher Bedarf. *Details: Abb. C-1, Seite 28.*
- Die Umsetzung der evaluierten Handlungsempfehlungen zu den **Hochwasservorhersagesystemen** zeigt **insgesamt eine positive Entwicklung**. Für viele Flussgebiete besteht jedoch ein weiterer Verbesserungsbedarf, z. B. im Bereich der modelltechnischen Berücksichtigung der Auswirkung von Deichbrüchen. *Details: Kap. E, Seite 39 f.*
- Die hochwasserrelevanten **Produkte des Deutschen Wetterdienstes** wurden im Betrachtungszeitraum von 2013 bis 2017 weiterentwickelt und verbessert, insbesondere im Bereich der numerischen Wettervorhersage und bei den angeeichten Radardaten. *Details: Kap. D.1 bis D.4, Seite 30 ff.*
- Bei der **Pegeltechnik und Datenübertragung vom Pegel zur Zentrale** ist eine positive Entwicklung zu verzeichnen. Dennoch gab es 2017 noch 6 Bundesländer, in denen die Empfehlungen nur in geringem Maße (< 50%) umgesetzt sind. *Details: Abb. B-1 und B-2, Seite 22.*
- Bei der **baulichen Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel** ist ebenfalls insgesamt eine positive Entwicklung zu verzeichnen. *Details: Abb. B-3 und B-4, Seite 24.*

Die Evaluation verdeutlicht, dass trotz der bereits erreichten Fortschritte weitere Verbesserungen notwendig sind, um den empfohlenen Beitrag zur Minderung des Schadensausmaßes bei zukünftigen Hochwasserereignissen zu leisten.

Entscheidend für die Zielerreichung und die Fristen bei der Umsetzung der Empfehlungen sind nicht technische Einschränkungen, sondern das Vorhandensein der erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen.

## 1. **Arbeitsauftrag und Vorbemerkungen**

Hochwasservorhersagen sind für Katastrophenstäbe und Wasserwehren eine unabdingbare Planungsbasis. Sie unterstützen das rechtzeitige Einleiten von Schutzmaßnahmen bis hin zur Evakuierung und bilden somit eine entscheidende Voraussetzung für die Begrenzung des Schadensausmaßes für Mensch, Umwelt, Kulturgüter und Wirtschaft.

In Vorbereitung und zur Aufstellung des Nationalen Hochwasserschutzprogramms hat daher die LAWA auf Bitte der Umweltministerkonferenz und in Zusammenarbeit mit den Flussgebietsgemeinschaften die „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an deutschen Binnengewässern“ erarbeitet (LAWA, 2014; [http://www.lawa.de/documents/00\\_Handlungsempfehlungen\\_Verbesserung\\_Grundlagen\\_Qualitaet\\_Hochwasservorhersage\\_Binnengewaeser\\_193.pdf](http://www.lawa.de/documents/00_Handlungsempfehlungen_Verbesserung_Grundlagen_Qualitaet_Hochwasservorhersage_Binnengewaeser_193.pdf))

Durch eine konsequente Umsetzung der Handlungsempfehlungen kann ein wichtiger Beitrag geleistet werden, um bei zukünftigen Hochwasserereignissen das Schadensausmaß in Deutschland wirkungsvoll zu vermindern.

Die LAWA hat daher in ihrer 148. Vollversammlung beschlossen, die **Umsetzung der Handlungsempfehlungen** und damit die weitere Verbesserung der Hochwasservorhersage für deutsche Binnengewässer zu begleiten und den Stand des Erreichten **zu evaluieren**.

Die LAWA-Expertengruppe „Länderübergreifendes Hochwasserportal“ hat hierfür bei den Hochwasserzentralen der Bundesländer, beim Deutschen Wetterdienst (DWD) sowie im Bereich hydrologischer Messdaten auch bei der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) sowie beim Informationstechnikzentrum Bund (ITZBund) die erforderlichen Kenndaten erhoben und die Evaluation durchgeführt.

Mit angemessenem Aufwand konnte nicht jede Handlungsempfehlung evaluiert werden, daher wurden besonders relevante Themenfelder ausgewählt. Die Anlagen A bis D enthalten eine Kurzübersicht sämtlicher Handlungsempfehlungen. Die Angaben für 2013 sind zum Teil Schätzwerte und basieren gegenüber 2017 z. T. auf gering unterschiedlichen Datenabfragen. Hierdurch ist die Vergleichbarkeit zwar in einzelnen Fällen eingeschränkt, dennoch bieten die Angaben für 2013 eine ausreichende Basis zur Abschätzung der Entwicklung.

Um der neuen Struktur der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) gerecht zu werden, gleichzeitig aber eine bundesweite Differenzierung zu ermöglichen, wurden für diese Evaluierung die Pegel der WSV in die Hauptflussgebiete eingeteilt.

Für bestimmte Regionen im norddeutschen Tiefland ist eine modellgestützte Erstellung von Hochwasservorhersagen derzeit nicht vorhanden und z. T. auch zukünftig nicht vorgesehen, da dort z. B. aufgrund von großräumigeren landwirtschaftlichen Nutzungen meist nur geringe Schadenspotentiale vorhanden sind. Bundesländer, die z.B. aus solchen Gründen keine HW-Vorhersagen erstellen, sind bei den vorhersagebezogenen Auswertungen nicht berücksichtigt und in den Auswertekarten weiß markiert.

Vorhersagen für tidebeeinflusste Fließgewässer in Norddeutschland, die durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie erstellt werden, sind nicht Gegenstand der Handlungsempfehlungen und somit auch nicht dieser Evaluation für die Binnengewässer in Deutschland.

Der vorliegende Evaluationsbericht zeigt für das Jahr 2017 den Stand des Erreichten bei der Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an deutschen Binnengewässern auf.

## 2. Kurzfassung der Evaluationsergebnisse

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich der **Umsetzungsgrad der Handlungsempfehlungen in 2017 z. T. deutlich erhöht** hat gegenüber dem Zustand 2013.

Für die jeweiligen Akteure (Bundesländer, Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, Deutscher Wetterdienst, Informationstechnikzentrum Bund) verbleibt jedoch im jeweiligen Zuständigkeitsbereich zumeist ein **Verbesserungsbedarf, der regional bzw. auf einzelne Handlungsfelder bezogen, z. T. erheblich sein kann.**

**Die vorliegende Evaluation soll hierbei Entscheidungshilfen geben, um die notwendigen Verbesserungen einzuleiten bzw. fortzusetzen.** Gemäß LAWA (2014) wird eine abschließende Evaluation zum Stand des Erreichten im Jahr 2020 durchgeführt.

Detaillierte Evaluationsergebnisse zu den ausgewählten Handlungsempfehlungen enthält das Kapitel 3. Nachfolgend ist eine Kurzfassung der wichtigsten Evaluationsergebnisse zusammengestellt:

### Technische Voraussetzungen und Grundlagen der Hochwasservorhersage

- Bei der **Pegeltechnik und Datenübertragung vom Pegel zur Zentrale** ist eine positive Entwicklung bei der Umsetzung der Handlungsempfehlungen zu verzeichnen. In 6 Bundesländern (2013: 3) sowie in 7 WSV-Flussgebietseinheiten (2013: 2) sind die Empfehlungen größtenteils bzw. vollständig umgesetzt. Dennoch gibt es auch 2017 noch 6 Bundesländer, in denen die Empfehlungen nur in geringem Maße (< 50%) umgesetzt sind. *Details: Abb. B-1 und B-2, Seite 22.*
- Bei der **baulichen Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel** ist ebenfalls insgesamt eine positive Entwicklung zu verzeichnen. In 8 Bundesländern (2013: 6) sowie 4 WSV-Flussgebietseinheiten (2013: 3) sind die Empfehlungen im Mittel größtenteils bzw. vollständig umgesetzt. *Details: Abb. B-3 und B-4, Seite 24. Definition des Begriffes „hochwasserrelevanter Pegel“ siehe Glossar, Seite 66.*
- Bei der **technischen Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und des ITZ-Bund** hat sich je nach Handlungsempfehlung die Anzahl der Zentralen mit mindestens größtenteils umgesetzten Empfehlungen von 2013 auf 2017 zwar insgesamt verbessert, aber in mehreren Zentralen besteht in einzelnen Bereichen z. T. noch ein erheblicher Verbesserungsbedarf (*Umsetzungsgrad der Empfehlungen < 50%*). *Details: Abb. B-5 bis B-7, Seite 25 ff.*
- Die **hochwasserrelevanten Produkte des Deutschen Wetterdienstes** wurden im Betrachtungszeitraum von 2013 bis 2017 weiterentwickelt und verbessert, insbesondere im Bereich der numerischen Wettervorhersage (verbesserte Modellphysik sowie Ensembletechnik) und bei den angeeichten Radardaten. Bei einigen Hochwasserzentralen sind verschiedene neuere DWD-Produkte noch in die Nutzung einzubeziehen. *Details: Kap. D.1 bis D.4, Seite 30 ff.*
- Bei der **Ermittlung von Wasserstands-Abfluss-Beziehungen** bis in den extremen Hochwasserbereich zeigt sich für die hochwasserrelevanten Abflusspegel an deutschen Binnengewässern eine positive Entwicklung. In 7 Bundesländern (2013: 4) und 2 von 6 betroffenen WSV-Flussgebieten sind die Empfehlungen größtenteils bzw. vollständig umgesetzt. Auf der anderen Seite sind in 4 Bundesländern und 1 WSV-Flussgebiet die Empfehlungen nur in geringem Maße (< 50%) umgesetzt. *Details: Abb. D-1 bis D-4, Seite 36 ff.*

## Personelle Voraussetzungen für die Hochwasservorhersage

- Im Vergleich zu 2013 hat sich 2017 die personelle Ausstattung der Hochwasservorhersagezentralen in 3 Bundesländern deutlich und in 5 weiteren Bundesländern leicht verbessert. In den übrigen Ländern blieb die Personalausstattung unverändert bzw. nahezu gleich. *Details: Abb. C-1, Seite 28.*
- Insgesamt hat sich die Situation gegenüber 2013 damit zwar verbessert, aber dennoch besteht in 5 Bundesländern in mindestens einem Funktionsbereich der jeweiligen Hochwasservorhersagezentrale noch mindestens ein mittlerer bis hoher Bedarf. *Details: Abb. C-1, Seite 28.*
- In den 10 Bundesländern, die Hochwasservorhersagezentralen betreiben, kann ein Schichtbetrieb während einer Hochwassersituation zumindest dann organisiert werden, wenn es keine personellen Ausfälle durch Krankheit oder Urlaub gibt.
- In den übrigen Bundesländern bestehen keine Zentralen, die Hochwasservorhersagen erstellen (4 BL) bzw. sind solche Zentralen erst im Aufbau (2 BL).

## Weiterentwicklung von Vorhersagesystemen und Informationsbereitstellung

- Die Anzahl der **Pegel an deutschen Binnengewässern, für die Hochwasservorhersagen veröffentlicht werden**, hat sich von 2013 auf 2017 **um rund 33% erhöht** und umfasst nun 543 Pegel. *Details: Abb. A-1 und A-2, Seiten 12 und 13.*
- Ein **Ausbaubedarf bei der Erstellung von Hochwasservorhersagen** wird insbesondere in Teilen von BB, NI, NW und ST festgestellt. Dies betrifft u.a. die Spree und einige weitere Elbezuflüsse, das Flussgebiet Weser-Ems sowie einige Zuflüsse zum Niederrhein. *Details: Abb. A-1, Seite 12.*
- Die Hochwasservorhersagen werden zumeist auf unterschiedlichen Informationswegen für die Öffentlichkeit bereitgestellt. **Mobile Service-Angebote** nehmen hierbei an Bedeutung zu, werden jedoch noch nicht von allen BL unterstützt. Für rund 7% der Hochwasservorhersagepegel steht die Veröffentlichung in der länderübergreifenden App „Meine Pegel“ noch aus und für rund 20% dieser Pegel fehlt eine Veröffentlichung, die speziell für mobile Webseiten angepasst ist. *Details: Abb. A-8, Seite 19.*
- Die Umsetzung der evaluierten Handlungsempfehlungen zu den **Hochwasservorhersagesystemen** zeigt insgesamt eine positive Entwicklung. Für viele Flussgebiete besteht jedoch ein weiterer Verbesserungsbedarf, z. B. im Bereich der modelltechnischen Berücksichtigung der Auswirkung von Deichbrüchen *Details: Kap. E, Seite 39 f.*

Die vorliegende Evaluation verdeutlicht, dass trotz der bereits erreichten Fortschritte weitere Verbesserungen notwendig sind, um den empfohlenen Beitrag zur Minderung des Schadensausmaßes bei zukünftigen Hochwasserereignissen zu leisten.

### 3. Evaluation einzelner Handlungsfelder

#### Handlungsfeld A: Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung

##### Bedeutung des Handlungsfeldes A:

Hochwasservorhersagen sind für Katastrophenstäbe und Wasserwehren eine unabdingbare Planungsbasis, unterstützen das rechtzeitige Einleiten von Schutzmaßnahmen und bilden somit eine entscheidende Voraussetzung für die Begrenzung des Schadensausmaßes.

##### Handlungsempfehlungen:

##### A.1 (Erst-) Erstellung von Vorhersagemodellen für bisher nicht mit Hochwasservorhersagen abgedeckte Flussgebiete

Die Abdeckung der Flussgebiete in Deutschland mit Hochwasservorhersagen ist regional sehr unterschiedlich.

Es ist *dringend notwendig zu prüfen*, ob in Flussgebieten mit Verbesserungspotential die Erstellung und der Betrieb von Hochwasservorhersagemodellen auch hier sinnvoll und notwendig sind oder ob dort eher kein Bedarf an einer Hochwasservorhersage besteht.

##### Umsetzungsgrad 2017:

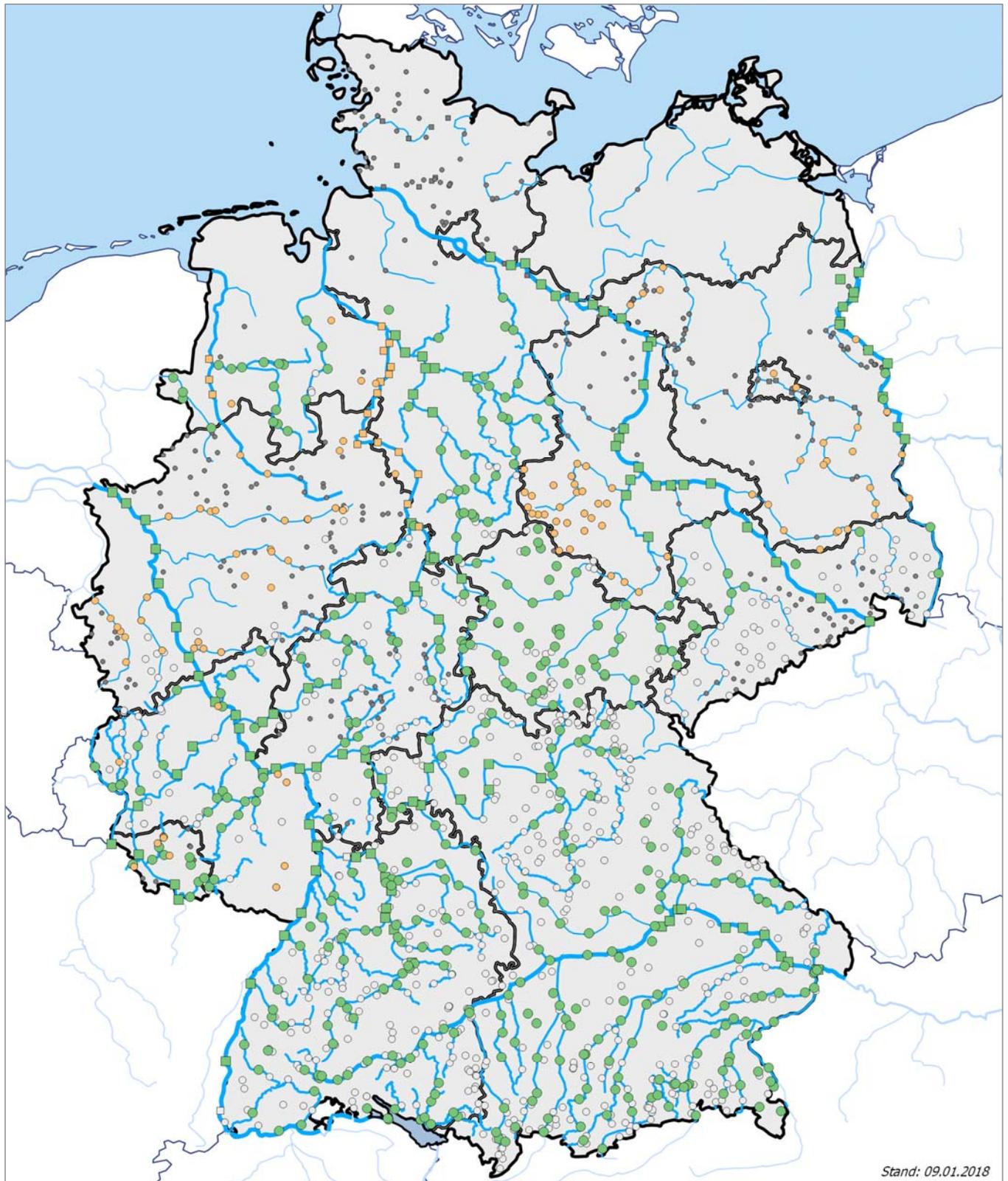
Bundesweit werden für rund 32% der hochwasserrelevanten Pegel an den Binnengewässern (543 von 1689 Pegeln) Hochwasservorhersagen veröffentlicht. Details hierzu enthalten Tab. A-1 in Anlage A sowie die Abbildungen A-1 und A-2.

Abbildung A-1 zeigt, dass die Verteilung zwischen den Bundesländern sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Dies beruht größtenteils darauf, dass die Hochwassergefährdung im norddeutschen Flachland generell geringer ist als in den übrigen Gebieten Deutschlands, da dort z.B. aufgrund von großräumigeren landwirtschaftlichen Nutzungen meist nur geringe Schadenspotentiale vorhanden sind.

Weiterhin ist die Erstellung von Vorhersagen für kleinere Gewässer aus urban geprägten Einzugsgebieten (z.B. in HB und HH) aufgrund der kurzen Reaktionszeiten sowie der komplexen Kanalisations- und Entwässerungssysteme außerordentlich schwierig.

Einen Ausbaubedarf bei der Vorhersageerstellung zeigt Abbildung A-1 (Pegel mit orange-farbigem Symbol) für Teile von BB, BE, NI, NW, RP, SL und ST. Zu den Flussgebieten mit deutlichen Defiziten gehören Zuflüsse zum Niederrhein und zur Elbe, die Spree und der Bereich Weser-Ems. Für die Weser wird aber zumindest eine vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Hann.Münden berechnete Wellenberechnung von Pegel Hannover-Münden bis Pegel Dörverden für die Schifffahrt veröffentlicht, die auch bei Hochwasser Verwendung findet. Derzeit prüfen die beteiligten Bundesländer eine Hochwasservorhersage für die Weser gemäß den LAWA-Handlungsempfehlungen aufzubauen.

Abbildung A-2 zeigt die Veränderung zwischen den Evaluationen von 2013 und 2017. Innerhalb des Betrachtungszeitraumes hat sich die Anzahl der veröffentlichten Hochwasservorhersagen um 137 Pegel (und damit um rund 33%) von zuvor 406 Pegeln auf 543 erhöht. Insbesondere in BY und TH wurden gegenüber 2013 deutliche Verbesserungen bei der Anzahl der veröffentlichten Hochwasservorhersagen erzielt.



Stand: 09.01.2018

**Stand der Hochwasservorhersage für hochwasserrelevante Pegel an Binnengewässern**

- |  |   |
|--|---|
| ● BL-Pegel, Vorhersage wird veröffentlicht       | ■ WSV-Pegel, Vorhersage wird veröffentlicht       |
| ● BL-Pegel, veröff. VHS fehlt, aber erforderlich | ■ WSV-Pegel, veröff. VHS fehlt, aber erforderlich |
| ○ BL-Pegel, Vorhersage intern verfügbar          | □ WSV-Pegel, Vorhersage intern verfügbar          |
| • BL-Pegel, ohne Vorhersage                      | ▪ WSV-Pegel, ohne Vorhersage                      |

Abbildung A-1: Stand der Hochwasservorhersage 2017



Stand: 16.01.2018

**Pegel mit Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen**

- Pegel bereits 2013 verfügbar
- Pegel 2017 neu

Abbildung A-2: Standorte der Pegel, für die 2013 bzw. 2017 Hochwasservorhersagen veröffentlicht werden

## A.2 Nationale und internationale Vernetzung der Hochwasservorhersagen

Um eine bestmögliche und grenzüberschreitende Vorhersage zu gewährleisten, ist es *notwendig*, dass jede Vorhersagezentrale (im In- und Ausland) auf Basis ihrer guten örtlichen Kenntnisse und Modelle die Vorhersagen für den jeweiligen Zuständigkeitsbereich erstellt und diese automatisiert und zeitnah für die flussabwärts gelegenen Zentralen bereitstellt. Innerhalb der großen Stromgebiete ist dazu eine länder- und staatenübergreifende Zusammenarbeit der zuständigen Vorhersagezentralen notwendig.

Es bestehen bereits viele Kooperationen und Verwaltungsvereinbarungen, welche die Zusammenarbeit und Arbeitsteilung regeln. Dort wo dies noch nicht ausreichend umgesetzt ist, ist es *dringend notwendig*, die vorhandenen und noch neu zu erstellenden regionalen und überregionalen Vorhersagesysteme innerhalb der Flussgebiete über einen automatisierten Datenfluss miteinander zu vernetzen.

Die Beteiligung der WSV an den Meldediensten der Länder wird derzeit im Zusammenhang mit den Abläufen beim allgemeinen Hochwasserschutz neu geregelt und vorhandene Verwaltungsvereinbarungen werden dazu angepasst.

### Umsetzungsgrad 2017:

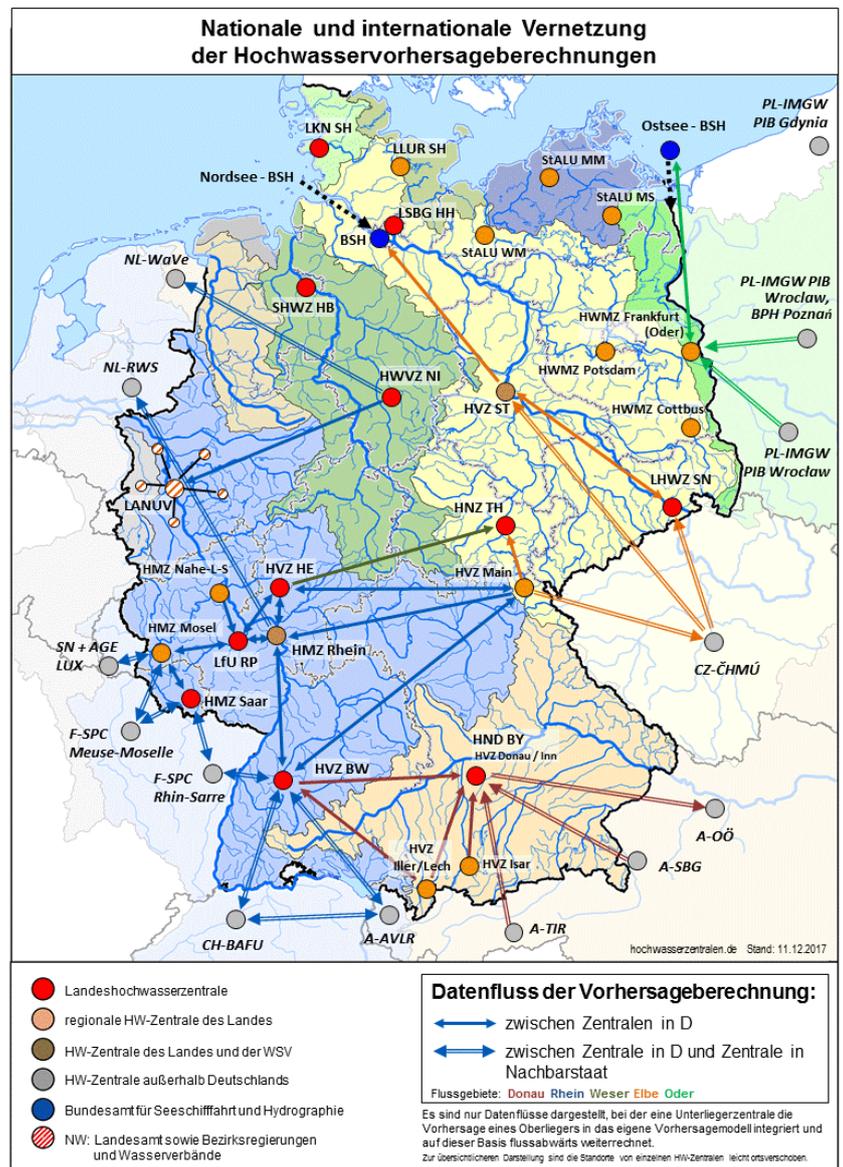
10 Bundesländer (BB, BW, BY, HE, NI, RP, SL, SN, ST, TH) betreiben Hochwasservorhersagezentralen, in 2 weiteren Ländern (HH, NW) befinden sich diese im Aufbau. In den Hochwasserzentralen von BE, HB, MV und SH werden keine Vorhersagen erstellt.

Die Abbildung A-3 zeigt, dass eine enge Vernetzung zwischen den Hochwasservorhersagezentralen im Bereich des Rheins, der Donau, der Oder und entlang der Elbe besteht.

Verbesserungsbedarf besteht bei den Elbezuflüssen sowie für die Weser.

Abb. A-3:

Nationale und internationale Vernetzung der Hochwasservorhersagezentralen



### A.3 Betrieb der Hochwasservorhersagemodelle

Um einen reibungslosen Betrieb der Hochwasserzentralen sicherzustellen ist es *dringend notwendig*, regelmäßig zu überprüfen, ob die Hochwasservorhersagemodelle jederzeit einsatzbereit sind.

Hierzu wird empfohlen, die Vorhersagemodelle in den Hochwasserzentralen kontinuierlich zu betreiben, d. h. im ganzjährigen Betrieb über das gesamte Abflussspektrum. Dies ist auch für die Verbesserung der Vorhersage für die großen Flusssysteme *notwendig*.

#### Umsetzungsgrad 2017:

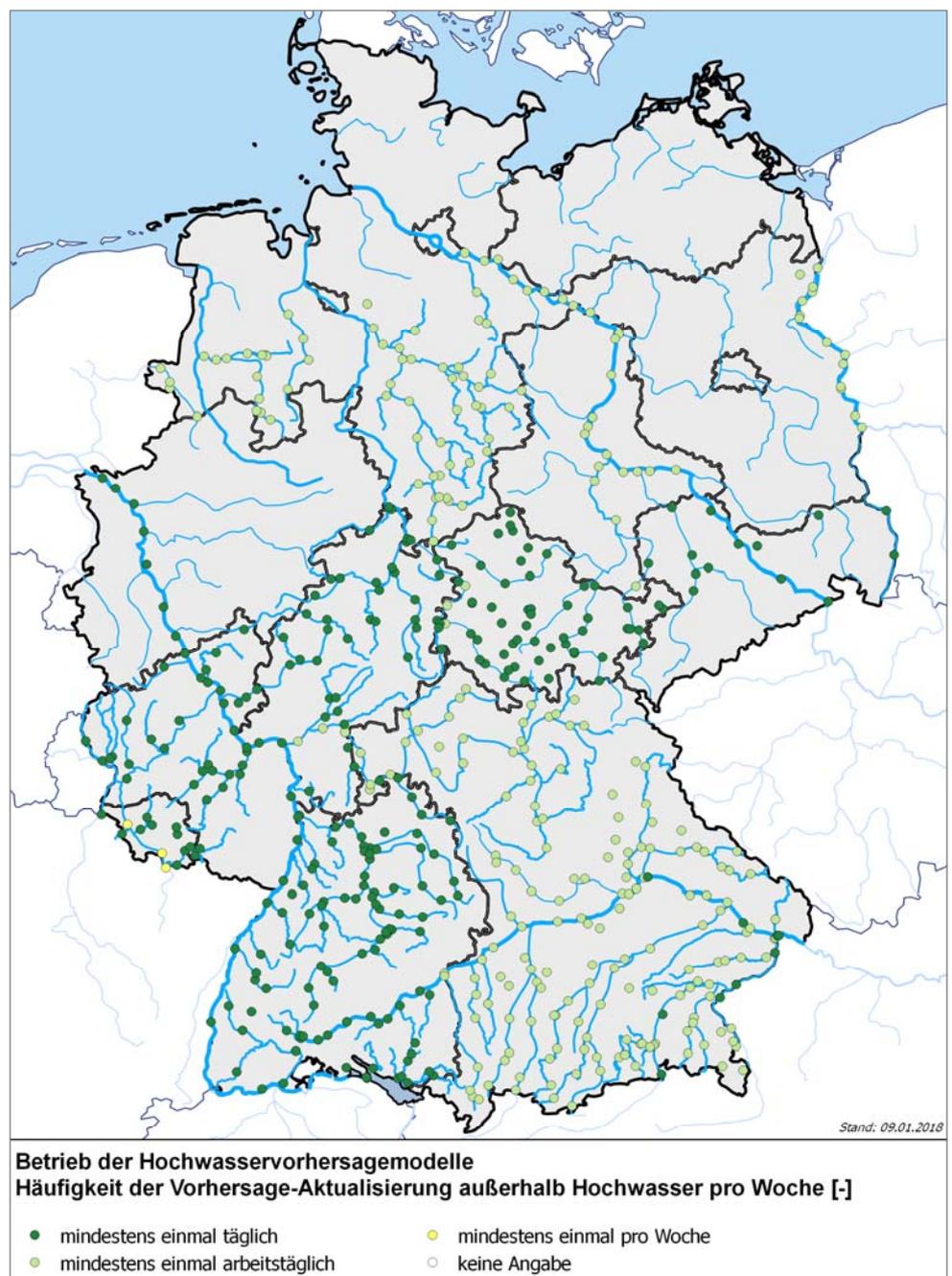
Außerhalb von Hochwasserzeiten werden Vorhersagemodelle für 277 Pegel mindestens einmal täglich, für 263 Pegel mindestens einmal arbeitstäglich und für 3 Pegel mindestens einmal pro Woche betrieben.

In den Bundesländern, in denen die Hochwasservorhersagemodelle automatisiert betrieben werden (BW, HE, RP, SL, SN, TH), werden auch die Durchflüsse kleinerer Flüsse zumindest einmal oder auch mehrmals täglich prognostiziert.

In den Ländern BY, BB, NI und ST werden die Modelle zumindest einmal pro Woche, meist aber arbeitstäglich betrieben.

Weitere Informationen enthält Tab. A-2 in Anlage A sowie die Abb. A-4.

Abb. A-4:  
Häufigkeit der Vorhersageaktualisierung durch Hochwasservorhersagemodelle im Routinebetrieb (kein Hochwasser)



#### **A.4 Kommunikation von Warnungen und Vorhersagen**

Die Kommunikation von Vorhersagen und Warnungen hat eine große Bedeutung für die Verbreitung der Informationen im Hochwasserfall. Dabei ist es *dringend notwendig*, dass Vorhersagen, aber insbesondere die Warnungen, zeitnah veröffentlicht werden sowie klar und übersichtlich dargestellt sind.

Es ist *notwendig zu prüfen*, in welcher Häufigkeit die Vorhersagen im Hochwasserfall veröffentlicht werden. Es wird *dringend empfohlen*, die Hochwasservorhersagen im Ereignisfall (ab LHP Klasse 3) mindestens in folgenden Aktualisierungsintervallen zu berechnen und zu veröffentlichen:

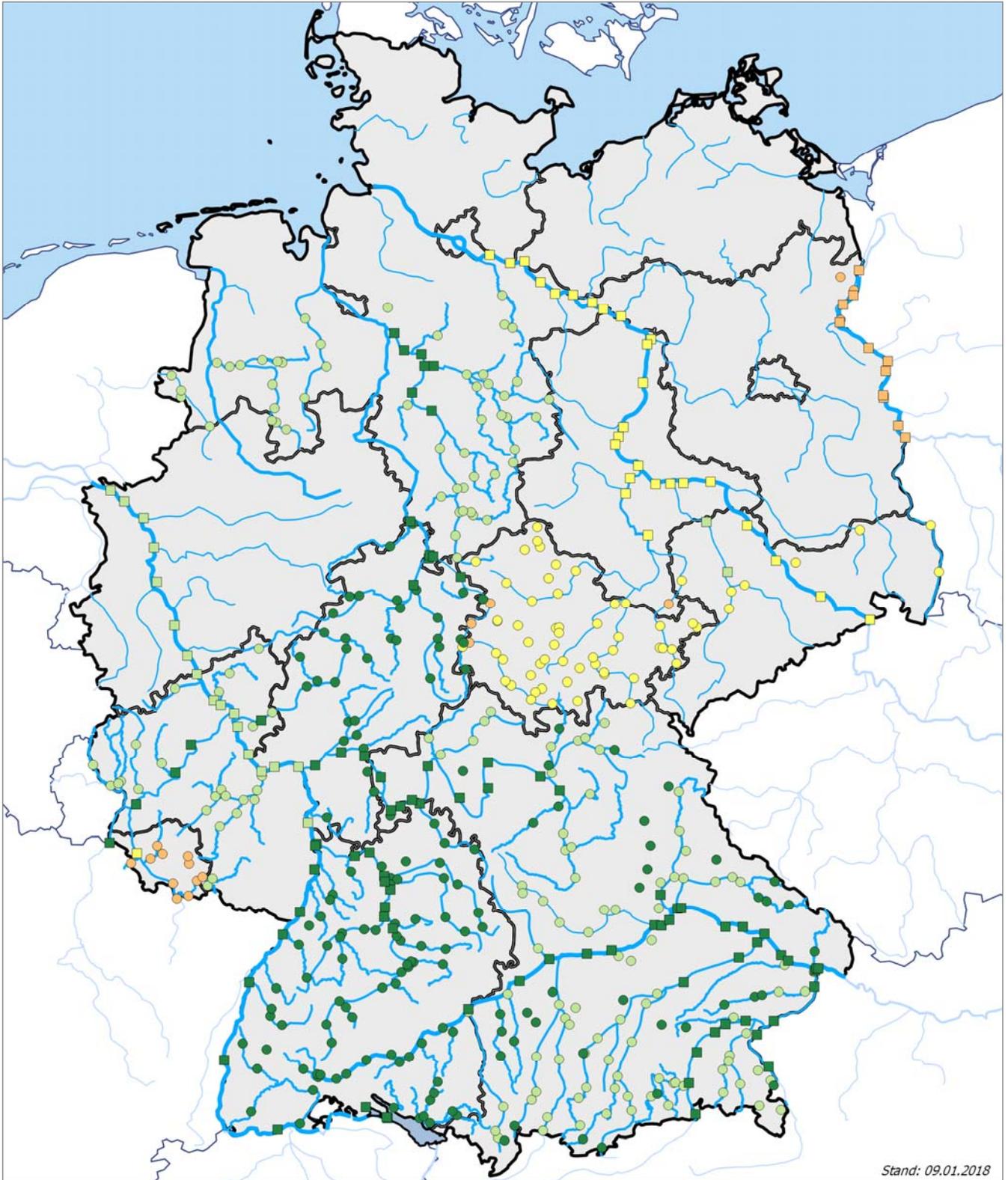
- Flussgebiete < 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 3-stündliche Aktualisierung (8-mal täglich)
- Flussgebiete > 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 6-stündliche Aktualisierung (4-mal täglich)

#### **Umsetzungsgrad 2017:**

Derzeit werden bundesweit in den Einzugsgebieten mit einer Größe < 5.000 km<sup>2</sup> für 80 % der Vorhersagepegel (320 von 400 Pegeln) die Vorhersagen im Hochwasserfall mindestens 3-stündlich aktualisiert.

Bei den größeren Flussgebieten mit einer Fläche > 5.000 km<sup>2</sup> werden für 73 % der Vorhersagepegel (104 von 143 Pegel) die Vorhersagen im Hochwasserfall mindestens 6-stündlich aktualisiert.

Weitere Informationen enthält Tab. A-3 in Anlage A sowie die Abbildung A-5.



**Veröffentlichung von HW-Vorhersagen: Häufigkeit der VH-Aktualisierung bei Hochwasser**

- |  |   |
|--|---|
| ■ EZG > 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag > 7   | ● EZG < 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag > 15   |
| ■ EZG > 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag 4 - 7 | ● EZG < 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag 8 - 15 |
| ■ EZG > 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag 2 - 3 | ● EZG < 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag 4 - 7  |
| ■ EZG > 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag 1     | ● EZG < 5000 km <sup>2</sup> , Aktual. HW-VH pro Tag 1 - 3  |
| □ EZG > 5000 km <sup>2</sup> , keine Angabe                | ○ EZG < 5000 km <sup>2</sup> , keine Angabe                 |

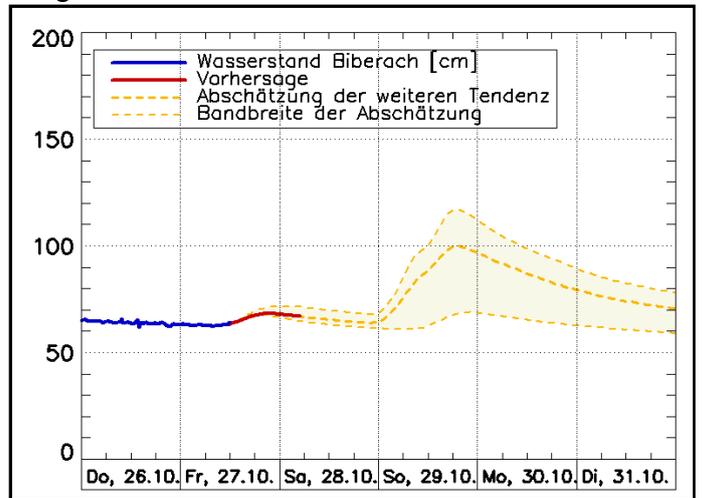
Abb. A-5: Häufigkeit der Vorhersageaktualisierung bei Hochwasser

## A.5 Darstellung der Vorhersageunsicherheit / Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung

Es wird dringend empfohlen zu prüfen, ob die Unsicherheit der veröffentlichten Vorhersage darzustellen ist. *Notwendig* ist die Darstellung/Kommunikation der Unsicherheiten immer dann, wenn für die Gefahrenabwehr Vorhersagen benötigt werden, die über den verlässlichen Vorhersagehorizont hinausgehen.

Abb. A-6:

Beispiel einer Darstellung mit Abgrenzung zwischen Vorhersage (rote Linie) und Abschätzung (gelbe Linie) einschließlich Darstellung zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung



### Umsetzungsgrad 2017:

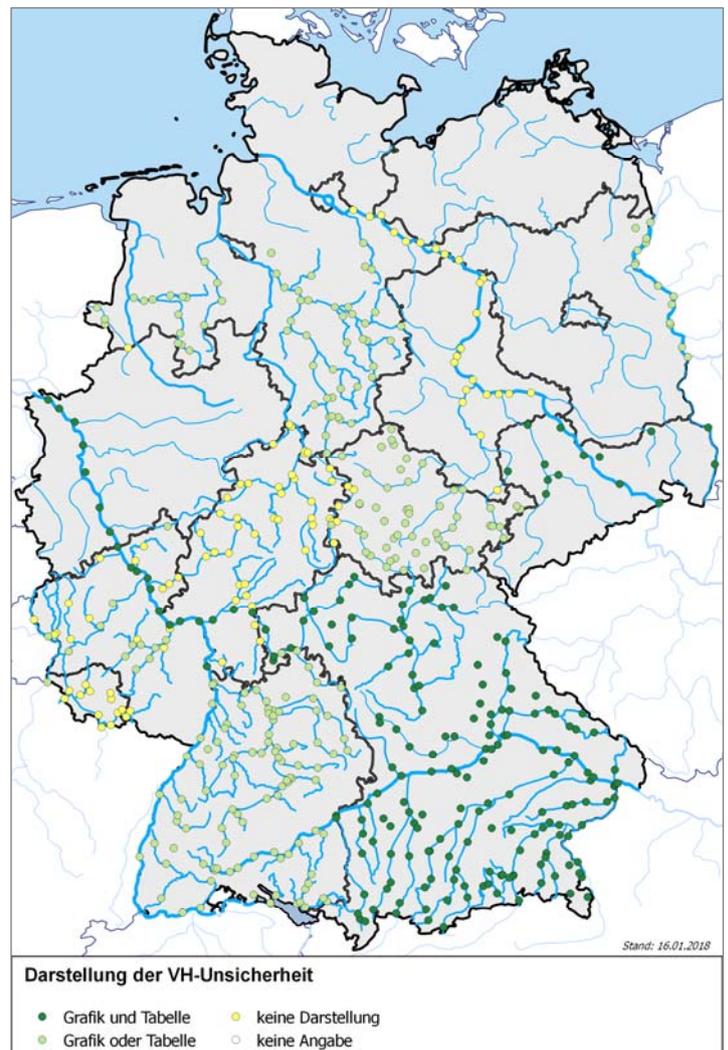
Bundesweit wird für 82 % (445 von 543) aller Pegel mit veröffentlichter Hochwasservorhersage eine Angabe zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung gemacht (Abb. A-7 sowie Tabelle A-4 in Anlage A).

Hier zeigt sich gegenüber 2013 eine Veränderung. Zwar wurde zu diesem Zeitpunkt bundesweit mit 77 % (312 von 406) für einen vergleichbaren Anteil aller Pegel mit veröffentlichter Vorhersage eine Angabe zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung gemacht. Jedoch hat sich nicht nur die Anzahl der Pegel mit veröffentlichter Vorhersage seitdem um rund 33 % erhöht, sondern insbesondere auch die Anzahl der Pegel, für die eine Darstellung der Bandbreite sowohl tabellarisch als auch grafisch herausgegeben wird.

Tab. 1: HW-Vorhersagepegel mit Angaben zur Unsicherheit / Bandbreite

Jahr	VH-Pegel mit Angabe zur Bandbreite				VH-Pegel ges.
	Tabelle +Grafik	nur Tabelle	nur Grafik	ges.	
2013	0	51	261	312	406
2017	203	27	215	445	543

Abb. A-7: Darstellung zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung



## A.6 Bereitstellung von Hochwasser-Informationen

Es ist *dringend notwendig*, Warnungen und Vorhersagen über verschiedene technische Informationswege zu kommunizieren (z. B. Internet für mobile Geräte, Videotext, automatische Telefonansage, Radio, Pressemitteilung) und die Informationswege laufend an den aktuellen Stand der Technik anzupassen.

### Umsetzungsgrad 2017:

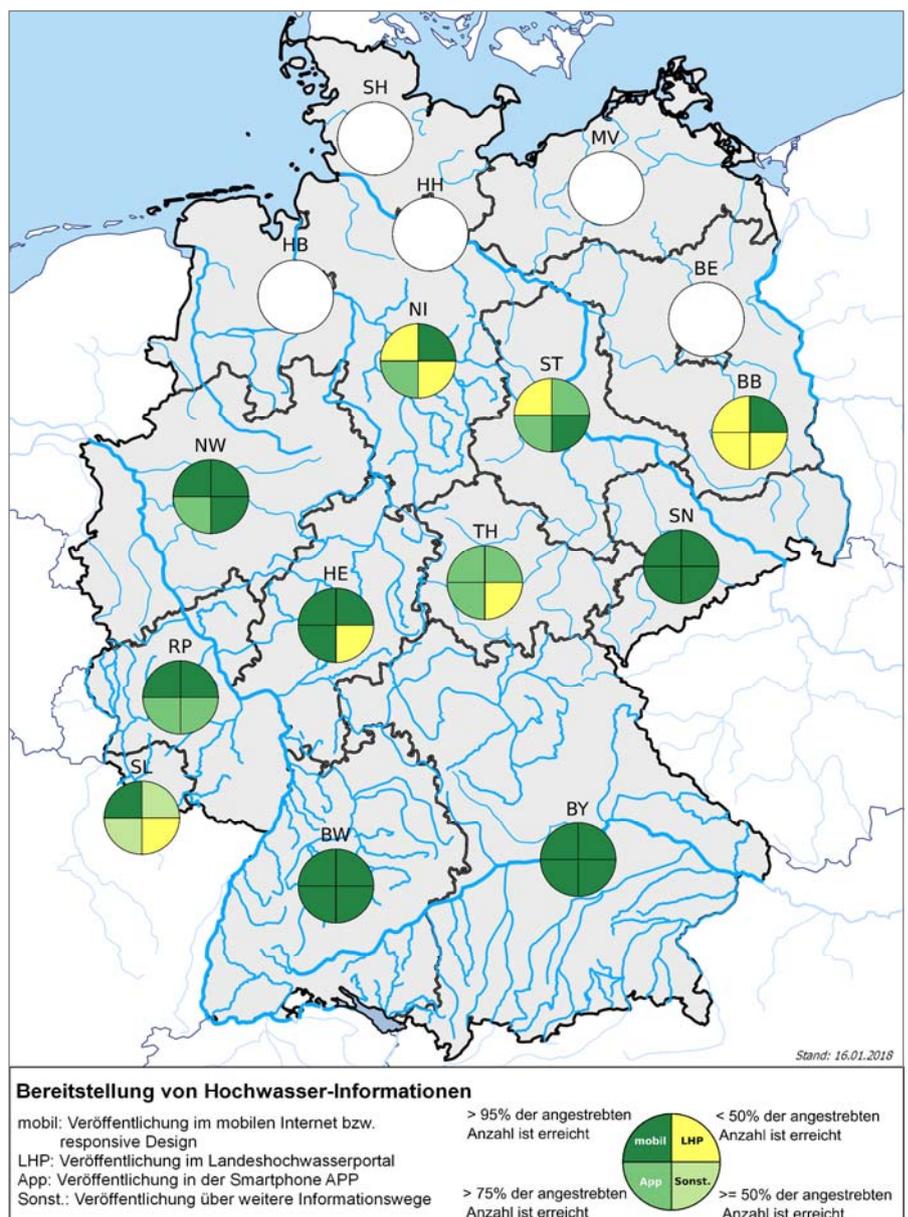
Bundesweit werden über 98% der veröffentlichten Hochwasservorhersagen für die Pegel über die Landeshochwasserportale bereitgestellt (534 von 543 Pegeln). Auch für die Veröffentlichungswege im mobilen Internet und als App ist der Anteil bundesweit recht hoch. Es gibt jedoch noch regionale Unterschiede bei der Umsetzung der Veröffentlichung über diese Informationskanäle, wie die Abb. A-8 (unten) sowie Tabelle A-5 (Anlage A) zeigen.

Tab. 2: Veröffentlichungsmedien für Hochwasservorhersagen

Vorhersagepegel mit veröffentlichter Vorhersage	Veröffentlichung über			
	Landeshochwasserportal	mobiles Internet	App Meine Pegel	weitere Infowege
543	534	442 (81%)	505 (93%)	352

Aussagen über Veränderungen seit der Evaluation von 2013 lassen sich für diese Handlungsempfehlungen nicht treffen, da dies zu dem Zeitpunkt nicht in diesem Detaillierungsgrad abgefragt wurde.

Abb. A-8: Nutzung verschiedener Informationsmedien zur Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen



## **A.7 Erfahrungsaustausch „Hochwasservorhersage in Deutschland“**

Es wird *dringend empfohlen*, einen jährlichen Erfahrungsaustausch zur Hochwasservorhersage im Rahmen einer LAWA-Expertengruppe einzurichten, mit dem Ziel der weiteren Verbesserung der Vorhersagesysteme sowie zur Information und zur Abstimmung weiterer Entwicklungen.

### **Umsetzungsgrad 2017:**

Gemäß Beschluss der LAWA-Expertengruppe „Länderübergreifendes Hochwasserportal“ bei der 13. Sitzung am 09.05.2017 wird der nächste bundesweite „Erfahrungsaustausch Hochwasservorhersage“ am 25./26.04.2018 in Berlin stattfinden.

## Handlungsfeld B: Absicherung der technischen Ausfallsicherheit

### Bedeutung des Handlungsfeldes B:

Wasserstandsdaten an Pegelmessstellen sind unverzichtbare Größen für die Hochwasservorhersage und die Hochwasserwarnung. Neben der technischen Ausfallsicherheit der Pegel und der Datenübertragung ist die technische Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen mit der IT-Ausstattung und den relevanten Gebäudeinstallationen zu gewährleisten.

Der Ausfall oder die Überlastung einer einzelnen Teilfunktionalität kann zum Ausfall des Gesamtsystems führen. Eventuell auftretende Systemstörungen müssen im Hochwasserfall umgehend behoben werden. Generell gilt, dass die Ausfallsicherheit durch den Einsatz von Redundanzen erhöht wird.

### Evaluierte Handlungsempfehlung:

#### B.1.1 Pegeltechnik und Datenübertragung (Pegel → Zentrale)

Geberredundanz: Es ist *notwendig zu prüfen*, ob an jedem hochwasserrelevanten Pegel zwei verschiedene Messverfahren eingesetzt werden können. Die Redundanz kann auch durch zwei voneinander getrennt laufende Messgeräte des gleichen Typs hergestellt werden.

Redundanz bei der Datenfernübertragung: Es ist *notwendig*, für die Datenfernübertragung zwei verschiedene Übertragungswege einzusetzen, idealerweise einen Festnetz- und einen Mobilfunkanschluss.

Redundanz bei der Energieversorgung: Es ist *notwendig*, die Energieversorgung am Pegel redundant vorzuhalten. Neben der Versorgung mit herkömmlichem Netzstrom gibt es die Möglichkeit, die Geräte mit Solarenergie oder pufferbetriebenen Akkus zu betreiben. Hier ist es *notwendig*, dass für eine typische Hochwasserdauer Strom zur Verfügung steht.

### Umsetzungsgrad 2017:

Bei der Pegeltechnik und Datenübertragung vom Pegel zur Zentrale ist eine weitestgehend positive Entwicklung bzgl. der Umsetzungsgrade der in den Abbildungen B-1 und B-2 unten angegebenen Kriterien erkennbar. In BW, BY, NI, NW, SN und TH (2013: BW, NI, SN) sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Rhein, Elbe, Donau, Ems, Weser, Nordsee und Oder (2013: Rhein, Oder) sind die Empfehlungen bereits größtenteils oder vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%). Während der Verbesserungsgrad zwar klar erkennbar ist, zeigen die Abbildungen jedoch auch, dass es bei den Bundesländern regional noch zum Teil größere Unterschiede gibt. Weitere Details enthalten die Tabellen B-1 und B-2 in Anlage B.

Insbesondere bei der Redundanz der Datenfernübertragung sind die Empfehlungen z. T. lediglich in geringem Maße umgesetzt (Umsetzungsgrad <50%) in BE, BB, HB, HH, HE, MV, SL, ST, SH. Gründe bestehen darin, dass es an vielen Standorten aufwendig und kostenintensiv ist, eine redundante Ausstattung einzurichten. Weitere kritische Themenbereiche (z. B. redundante Stromversorgung), in denen die Empfehlungen z. T. nur in geringem Maße umgesetzt sind, können den Tabellen B-1 und B-2 in der Anlage B entnommen werden.

Eine mindestens stündliche Datenaktualisierung im Landeshochwasserportal ist umgesetzt in BW, BY, HH, HE, MV, NI, NW, SN, ST und SH.

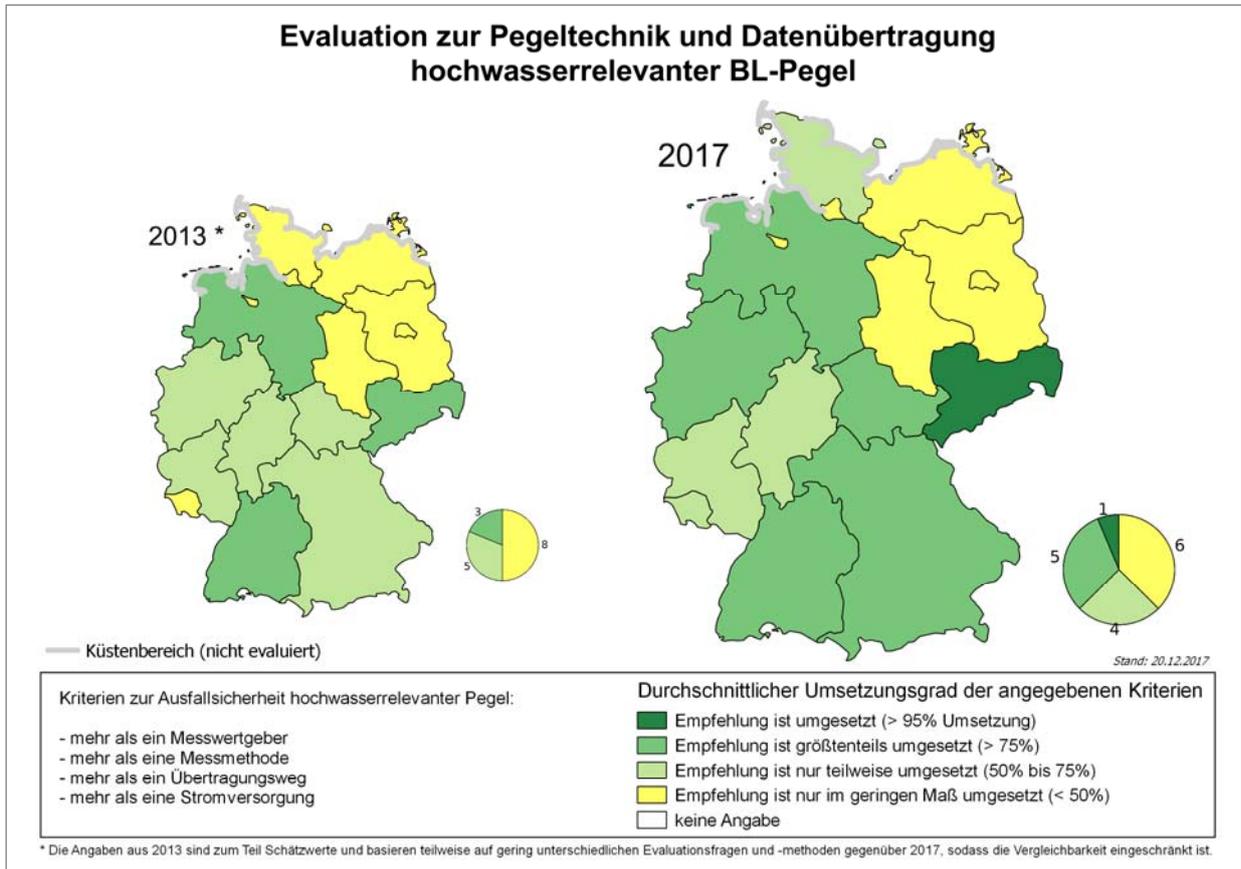


Abb. B-1: Pegeltechnik und Datenübertragung (Pegelbetreiber: Bundesländer)

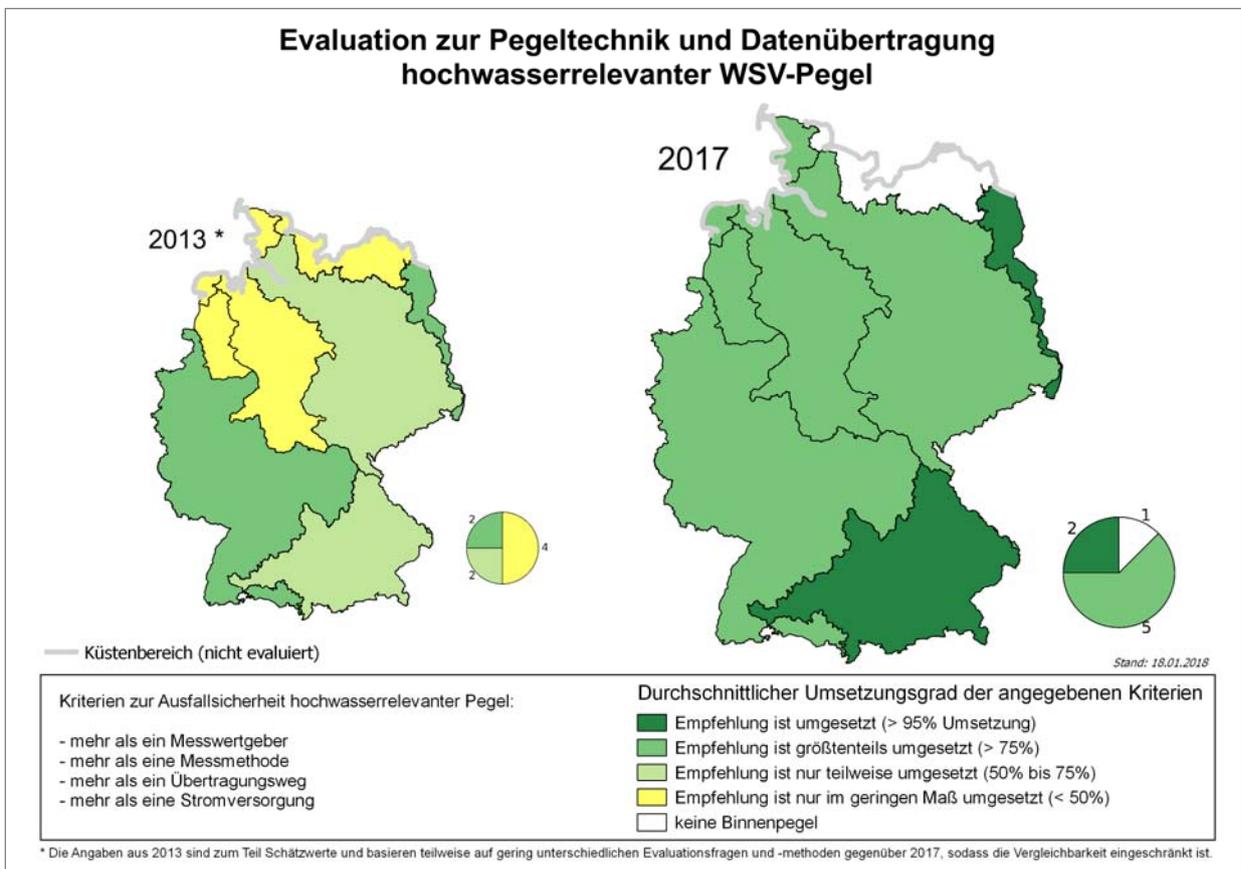


Abb. B-2: Pegeltechnik und Datenübertragung (Pegelbetreiber: WSV)

## **Handlungsempfehlung B.1.2 / Bauliche Anforderungen an Pegelmessstellen**

Es ist *notwendig zu prüfen*, ob die Pegelmessstelle mind. HW<sub>200</sub>-sicher ist. Diese Sicherheit bedeutet, dass z. B. die technischen Einrichtungen bei einem 200-jährlichen Hochwasser nicht überschwemmt werden und somit eine Datenerfassung und -übertragung noch möglich ist. Es wird *empfohlen zu prüfen*, ob die Pegel mindestens bis zum 100-jährlichen Hochwasser für Wartungsarbeiten noch zugänglich sind.

### **Umsetzungsgrad 2017:**

In den Bundesländern BW, BY, BB, HH, HE, MV, NI, RP, SN, ST, SH und TH sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Donau, Elbe, Nordsee, Oder, Weser und Rhein ist die Empfehlung der HW<sub>100</sub>-Sicherheit mindestens größtenteils umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%).

Der Anteil an HW<sub>200</sub>-sicheren Pegeln hat insgesamt deutlich zugenommen: In BW, HE, MV, NI, RP und SN (2013: BW, HE, MV, SN) sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Donau, Nordsee und Oder (2013: Rhein, Donau, Oder) ist diese Empfehlung mindestens größtenteils umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%). In den übrigen Bundesländern und WSV-Flussgebietseinheiten ist die HW<sub>200</sub>-Sicherheit der Pegel jedoch nur im geringen Maß bzw. nur teilweise (<50% bzw. <75%) umgesetzt.

Die Pegel-Zugänglichkeit bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis ist in den Bundesländern BW, BE, BB, HE, MV, NI, SN und SH (2013: BW, BY, HE, MV und SN) sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Rhein, Donau, Ems, Nordsee und Oder (2013: Rhein, Elbe, Ems, Nord- und Ostsee und Oder) mindestens größtenteils umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%).

Da sich die Anzahl der als hochwasserrelevant eingestuften Pegel von rund 1400 Pegeln in 2013 auf rund 1690 Pegel in 2017 erhöht hat (vgl. Tabelle A-1 in Anlage A) und sich in einzelnen Fällen auch die Auswahl der Pegel geändert hat, ist ein ggf. prozentual schlechterer Umsetzungsgrad in 2017 gegenüber 2013 zumeist nicht durch eine Verschlechterung der Situation an den bereits 2013 erfassten Pegeln bedingt, sondern in der Regel durch die Aufnahme von zusätzlichen Pegeln (mit einem z.T. schlechten Umsetzungsgrad) begründet.

Die Abbildungen B-3 und B-4 zeigen eine gemittelte Zusammenschau zur Umsetzung der drei oben genannten Kriterien in den Bundesländern und den WSV-Flussgebietseinheiten. Nähere Informationen können den Tabellen B-1 und B-2 in Anlage B entnommen werden.

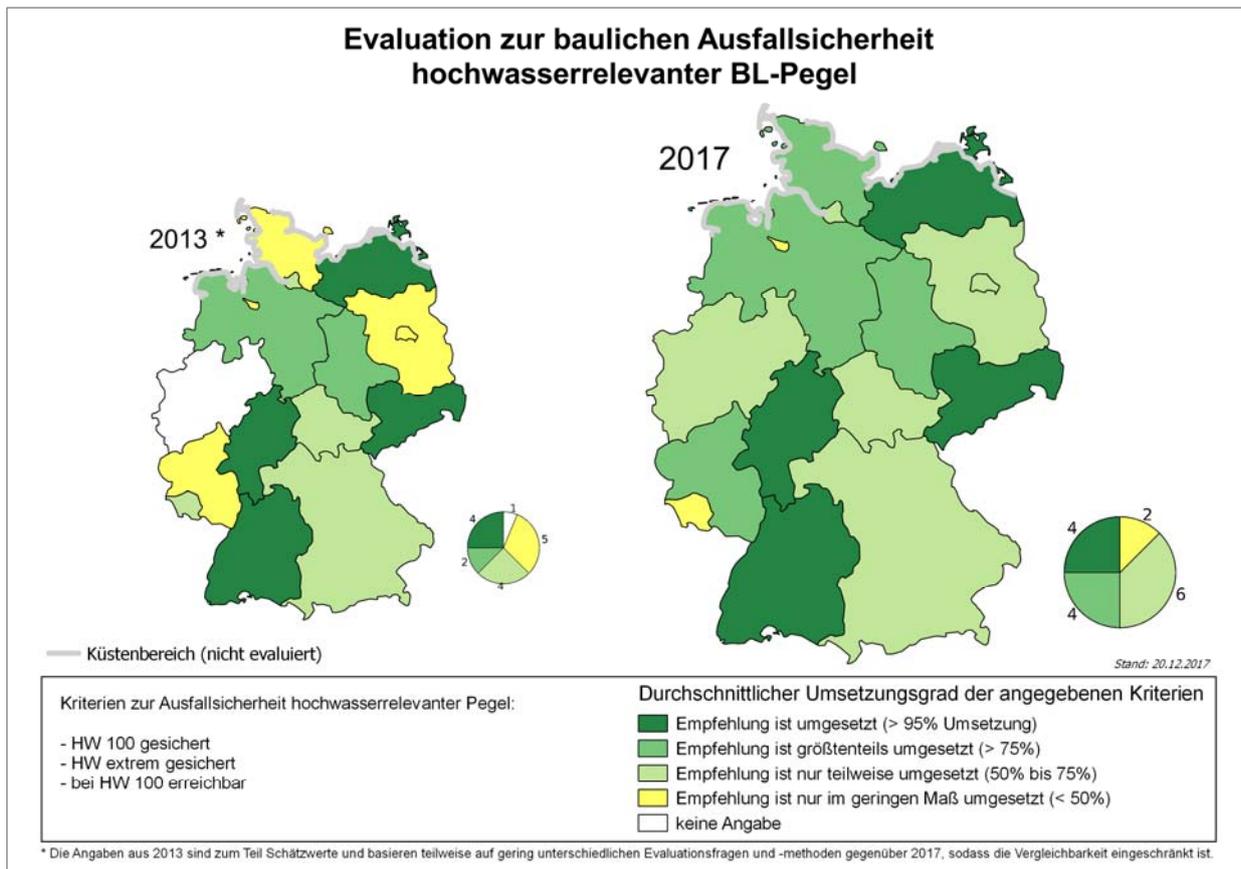


Abb. B-3: Bauliche Anforderungen an Pegelmessstellen (Pegelbetreiber: BL)

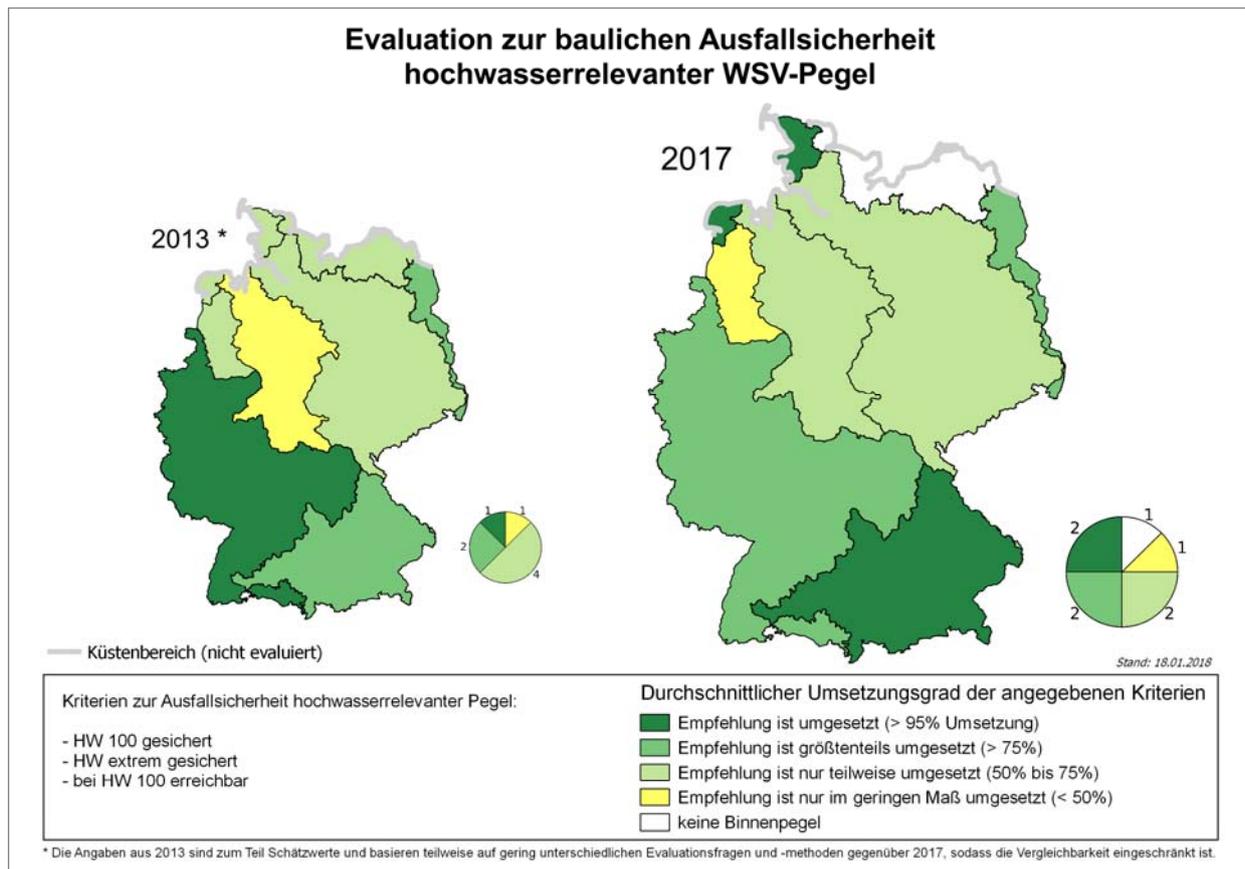


Abb. B-4: Bauliche Anforderungen an Pegelmessstellen (Pegelbetreiber: WSV)

## Handlungsempfehlung B.2 / Ausfallsicherheit Hochwasserzentralen und IT-Systeme

Die Hochwasserzentralen und deren relevante Gebäudeinstallationen einschließlich IT- und Telekommunikations-Ausstattung sind eine weitere Kernkomponente für die Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung, deren technische Ausfallsicherheit zu gewährleisten ist.

### Kurzfassung der Handlungsempfehlung B.2.1 und B.2.2 / Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung

Es ist *notwendig*, das Datenabruf-/ Empfangssystem sowie die daran anschließenden Datenbanken redundant vorzuhalten, ebenso die Hardware und die eingesetzte Software zur Erstellung der Hochwasservorhersagen.

Es ist *notwendig*, den Datentransfer der Hochwasserzentralen über abgesicherte (z. B. verschlüsselte) Informationswege durchzuführen, um Datenmanipulationen durch Dritte (z. B. Hackerangriffe) zu erschweren.

Im Hinblick auf die Verwendung von Pegeln weiterer Pegelbetreiber wird *empfohlen*, mehrere Möglichkeiten des Datenbezugs zu nutzen (z. B. ein Bezug der Daten über einen Webservice und zusätzlich ein direkter Abruf/push vom Pegel).

### Umsetzungsgrad 2017 (B.2.1/B.2.2):

In BW, BY, BE, HH, HE, NI, SN, ST und SH (2013: BW, BY, HH, HE, NI, SN) sowie im ITZBund (2013: k.A.) sind die Empfehlungen zur Ausfallsicherheit von Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung sowie Daten Dritter im Mittel größtenteils oder vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%). In den Bundesländern BB und MV fällt zum Zeitpunkt der Evaluation 2017 noch ein deutlicher Handlungsbedarf auf (Abb. B-5 sowie Tabelle B-3 in Anlage B).

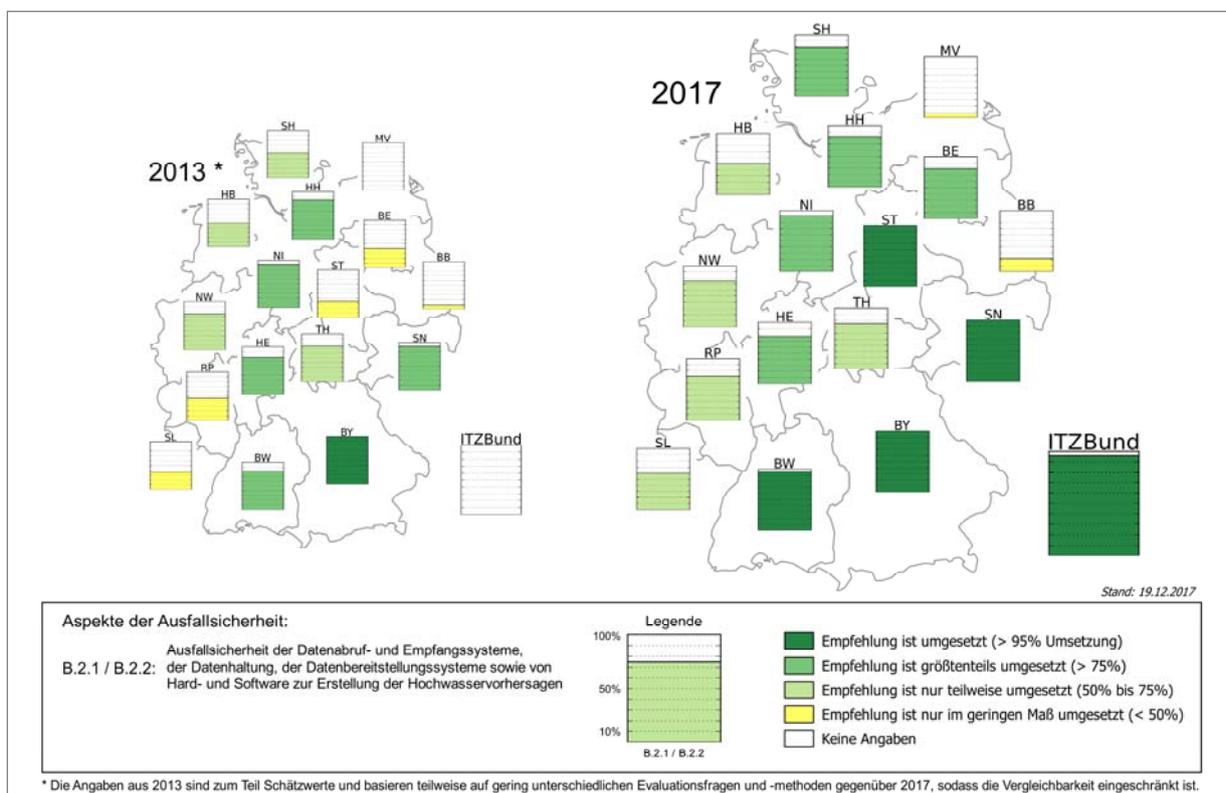


Abb. B-5: Ausfallsicherheit: Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung

## Kurzfassung der Handlungsempfehlung B.2.3 / Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale

Es ist *notwendig*, die IT-Räume durch redundant ausgelegte Klimaanlage zu kühlen und mit einem Notstromsystem zu versehen.

Es ist *notwendig zu prüfen*, ob die Funktionalität der Hochwasserzentrale von einem anderen Standort übernommen werden kann. Es ist außerdem *notwendig*, dass der Standort von IT-Räumen sowie der Hochwasserzentrale bis zu einem HQextrem erreichbar ist.

### Umsetzungsgrad 2017:

In BW, HH, NI, und SN (2013: ebenso) sind die Empfehlungen für EDV-Räume und Standorte der Hochwasserzentrale vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >95%). In den übrigen Bundesländern sowie im ITZBund besteht hingegen ein z. T. deutlicher Handlungsbedarf (Abb. B-6 sowie Tabelle B-3 in Anlage B). Verbindliche (Immobilien-, IT-) Verträge der Bundes- und Landesbehörden erschweren oder verhindern stellenweise jedoch die geforderten, redundanten Lösungen.

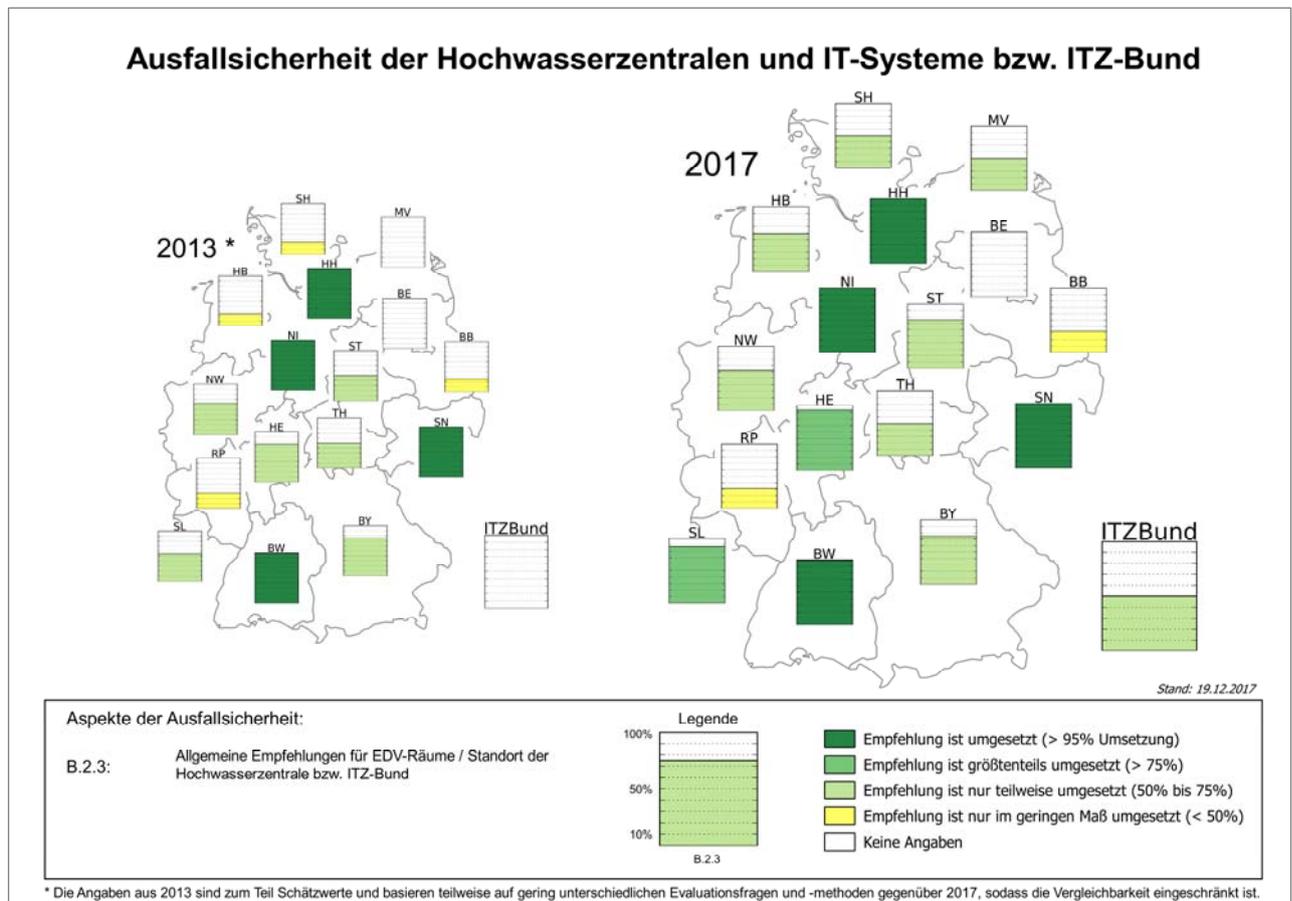


Abb. B-6: Ausfallsicherheit: Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale

### B.3 Internetauftritt (technische Anforderungen)

Es ist *dringend notwendig*, dass die Kapazitäten (Server, etc.) vorsorglich an steigende Zugriffszahlen angepasst werden. Dies ist z. B. durch mehrere parallel betriebene Server-Instanzen mit Load-Balancing zu realisieren. Auch neue Möglichkeiten wie virtuelle Serversysteme oder Cloud-Computing-Systeme sind in Betracht zu ziehen. Es ist *notwendig*, die Kapazitäten durch regelmäßig durchgeführte Lasttests zu prüfen.

### B.4 Telekommunikationsanbindung

Es ist *dringend notwendig* sicherzustellen, dass die Anbindung ans Telekommunikationsnetz in der Hochwasserzentrale jederzeit aufrecht gehalten wird. Es ist *notwendig*, mit den Kommunikationsanbietern priorisierte Netzanschlüsse (Festnetz und Mobilfunk) festzulegen. Solche Anschlüsse gewährleisten bei Überbelastung der Netze bestimmten Nutzerkreisen Vorrechte beim Kommunikationsaufbau. Gerade in Extremsituationen (extremes Hochwasser, Katastrophenfall) sind solche priorisierten Verbindungen nötig.

#### Umsetzungsgrad 2017 (B.3/B.4):

Lediglich in den beiden Bundesländern NI und SN (2013: NI) sind die Empfehlungen zur Ausfallsicherheit von Internetauftritt und Telekommunikation vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >95%). In den übrigen Bundesländern und beim ITZBund besteht hingegen ein z. T. dringender Handlungsbedarf (Abb. B-7 sowie Tabelle B-3 in Anlage B). Verbindliche Verträge, Geschäftsordnungen und Dienstvereinbarungen der Bundes- und Landesbehörden (TK-Anbieter, Rechenzentren, Corporate Design, etc.) erschweren oder verhindern jedoch mancherorts die geforderten, redundanten Lösungen.

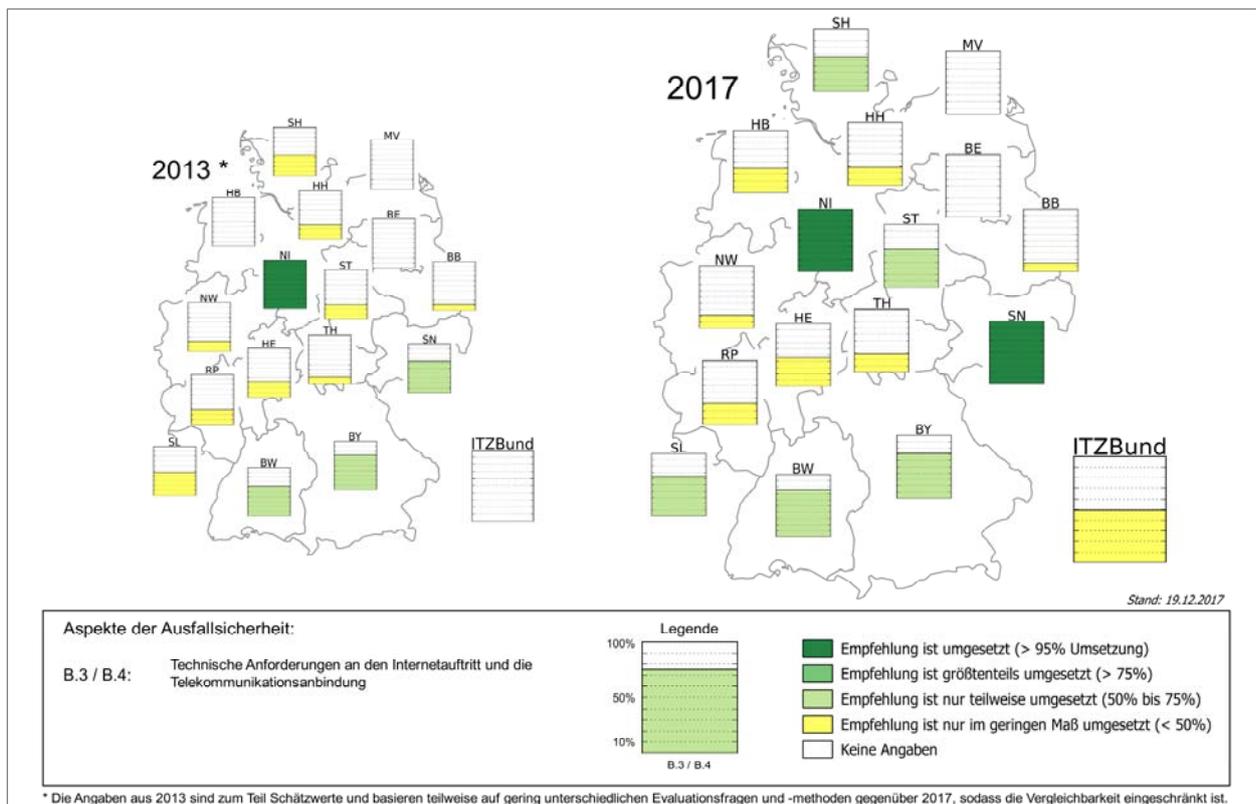


Abb. B-7: Ausfallsicherheit: Internetauftritt, Telekommunikationsanbindung

## Handlungsfeld C: Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit

### Bedeutung des Handlungsfeldes C:

Der Bereich der Hochwasserwarnung ist eine hoheitliche Aufgabe, die unter Umständen, ebenso wie die Hochwasservorhersage, 24 Stunden am Tag 7 Tage die Woche erfolgen muss. Damit der Betrieb den Erfordernissen entsprechend durchgeführt werden kann, ist es *dringend notwendig*, eine in Qualität und Quantität angemessene Personalausstattung zu gewährleisten.

Für den Betrieb der Vorhersagezentrale ist es *dringend notwendig*, die Aufgabenfelder der Vorhersage, Beratungsleistungen, Datenverarbeitungsbetrieb, den Hochwassermelddienst sowie weitere Aufgaben, wie Anlagensteuerung oder Pressearbeit durch eine ausreichende Besetzung personell abzusichern, so dass alle betrieblichen Funktionen auch während extremer und/oder langanhaltender Hochwasser - ggf. auch im Schichtbetrieb rund um die Uhr - sichergestellt werden können. Je nach Bundesland und Organisation des Hochwasserwarn- und -vorhersagedienstes können sich Unterschiede in den erforderlichen zu leistenden Aufgaben ergeben.

### Umsetzungsgrad 2017:

Die Evaluation im Jahr 2017 zeigt, dass sich die personelle Ausstattung im Verhältnis zu 2013 in einigen Bundesländern deutlich (BW, HE, RP) und in vielen Ländern leicht (BY, NI, SL, SN, ST) verbessert hat. In den übrigen Ländern blieb die Personalausstattung unverändert bzw. nahezu unverändert.

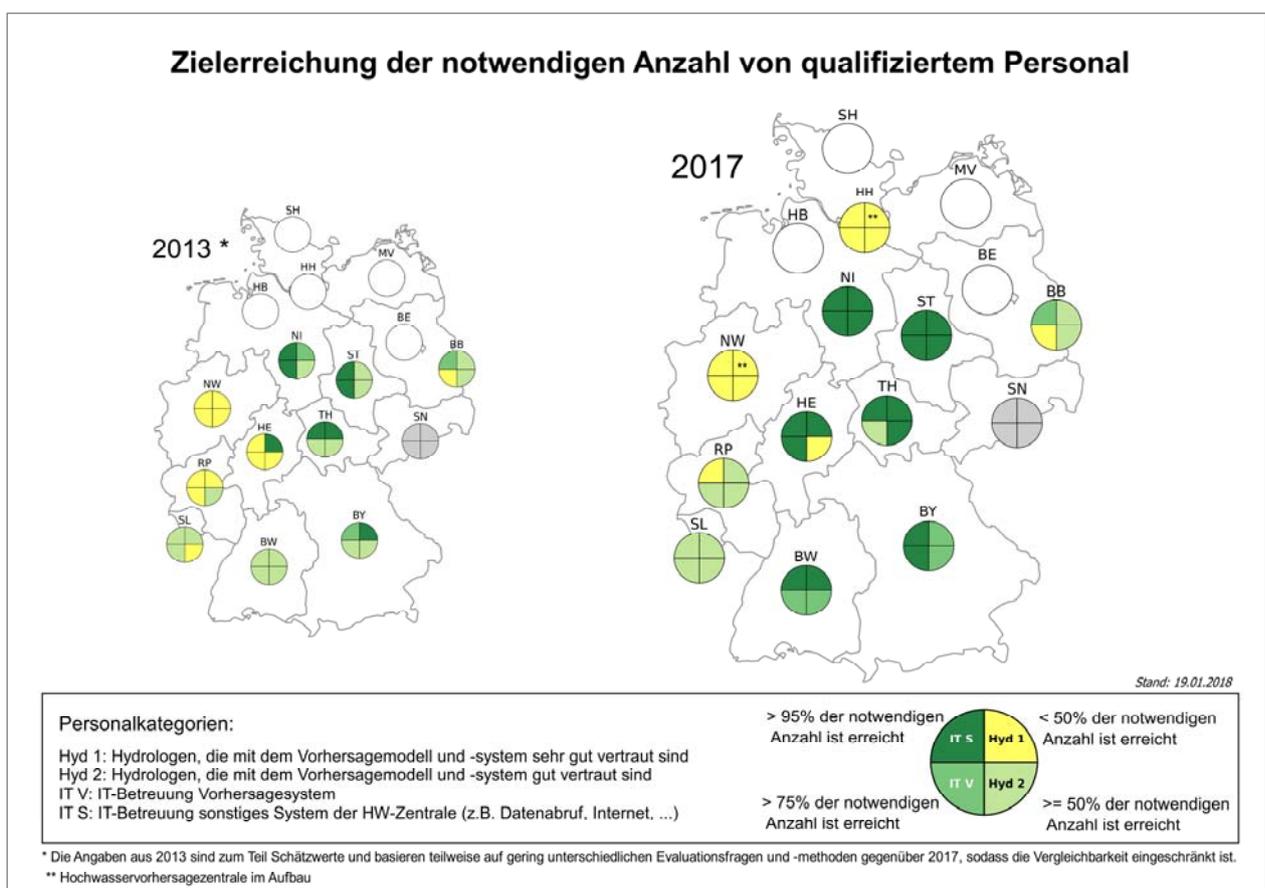


Abb. C-1: Zielerreichung bei der notwendigen Anzahl von qualifiziertem Personal für die Hochwasservorhersage

Detaillierte Informationen enthält Abb. C-1 sowie Tabelle C-1 in Anlage C. Da die Länder BE, HB, MV und SH keinen Vorhersagedienst betreiben, konnte hier keine Auswertung stattfinden.

Für SN war keine Auswertung der Zielerreichung möglich, da dort keine Angaben zur notwendigen Personalausstattung gemacht wurden.

Insgesamt zeigt sich für BB, HE, RP zumindest in einzelnen Bereichen, oft auch in mehreren Bereichen, ein leichter bis mittlerer, in NW und HH aufgrund des derzeitigen Aufbaus von HW-Vorhersagemodelltechnik ohne operativen Betrieb noch ein hoher personeller Unterbestand. Die absoluten Zahlen zeigen eine Korrelation zur Landesfläche, der Anzahl der zu betreuenden Pegel sowie zum Aufgabenumfang der jeweiligen Zentrale.

Mit Ausnahme von HH und NW (derzeit Aufbau von HW-Vorhersagemodelltechnik, kein operativer Betrieb) kann ein Schichtbetrieb während einer Hochwassersituation zumindest dann organisiert werden, wenn es keine personellen Ausfälle durch Krankheit oder Urlaub gibt.

## **Handlungsfeld D: Verbesserung von Umfang und Qualität der verfügbaren Ereignisdaten**

### **Bedeutung des Handlungsfeldes D.1 bis D.4 (meteorologische Daten):**

Für die Erstellung einer Hochwasservorhersage werden neben hydrologischen Daten auch meteorologische Daten benötigt; dabei geht es nicht nur um Niederschlag, sondern auch um weitere Parameter wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Schneehöhe, Schnee-Wasseräquivalent, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit. Nur mit einer ausreichenden Messnetzdichte und in Echtzeit verfügbaren Daten lässt sich die Genauigkeit der Hochwasservorhersage erhöhen.

Zur Evaluation in den Handlungsfeldern D.1. bis D.4 wurde einerseits die Umsetzung der Handlungsempfehlungen durch die Bundesländer erfasst (Anlage D, Tabellen D-4 und D-5), andererseits zur Bewertung der Verbesserung von DWD-Produkten und der Verfügbarkeit von Messdaten der aktuelle Stand im Jahr 2017 und geplante Maßnahmen beim Deutschen Wetterdienst angefragt (Anlage D, Tabellen D-1 bis D-3).

### **D.1 bis D.4: Handlungsempfehlungen zu meteorologischen Daten**

#### **D.1 Weitere Verbesserung von DWD-Produkten für die Hochwasservorhersage**

Regional ist es notwendig, die Messstellendichte zu erhöhen sowie die online-Verfügbarkeit von Daten wichtiger Parameter zu verbessern. Dies betrifft insbesondere die Messung des Schnee-Wasseräquivalentes.

Aufgrund der Ungenauigkeiten in den Niederschlagsradardaten ist eine weitere Verbesserung der Radarprodukte durch den DWD dringend notwendig (RADOLAN, RADVOR).

Dringend notwendig ist eine weitere Verbesserung der Niederschlagsvorhersage insbesondere für Kurzfristvorhersagen 0 bis 27 h (z. B. 3 km Raster) und Mittelfristvorhersagen bis 96 h (z. B. 7 km Raster) sowie eine integrierte Vorhersagekette (seamless prediction) vom Nowcasting bis mindestens zur 48. Vorhersagestunde der numerischen Wettermodellkette.

Für die ereignisbezogene Beratung der Hochwasserzentralen ist die Aufrechterhaltung bzw. wo erforderlich die Ausweitung der regionalen Wetterberatung durch die DWD-RZ bzw. die DWD-RWB dringend notwendig.

Dringend notwendig ist eine systematische ereignisbezogene Validierung der räumlichen, zeitlichen und quantitativen Genauigkeit der Vorhersage von hochwasserauslösenden Starkregenereignissen durch den DWD.

### **Umsetzungsgrad 2017:**

#### **D.1.1 Messstellendichte und Datenverfügbarkeit**

Weitere Bodenmessstationen sind beim DWD seit 2013 nicht eingerichtet worden und sind auch nach 2017 nicht geplant. Beim DWD liegt der Fokus auf der technischen Erneuerung der Messstellen und der Online-Datenbereitstellung. Hier wurden entsprechend auch Verbesserungen erzielt. Für die Vollautomatisierung der hauptamtlichen Stationen wurden allerdings die derzeit noch nicht automatisierbaren Messungen des Wasserge-

halts der Schneedecke aufgegeben. An welchen DWD-Stationen automatische Schnee-wasseräquivalent-Erfassungssysteme zum Einsatz gelangen werden, ist zurzeit noch nicht bekannt. Hierzu findet aber ständig eine Markterkundung statt und aktuell auf dem Versuchsmessfeld des DWD auf der Wasserkuppe auch eine Teststellung. Die Ergebnisse der Teststellungen werden technisch und wissenschaftlich durch den DWD bewertet und dieses auch in Relation zu vorhandenen, klassischen Messungen. Ein Wegfall von Messungen wäre daher nur als vorübergehend zu sehen. Die manuellen Messungen des Wasseräquivalents im nebenamtlichen Messnetz werden unverändert fortgeführt. Aktuell untersucht der DWD auch die Möglichkeit, zusätzliche nebenamtliche Messstationen für die automatische Messung von Schneehöhe und Wasseräquivalent einzurichten.

Darüber hinaus verstärkt der DWD die Bemühungen zur Einbindung weiterer Partnernetze und der Nutzung möglichst aller Daten der Ländermessnetze auch in Vorhersage, Warnung und Beratung.

### **D.1.2 Radarprodukte**

Die Niederschlagsradarprodukte mit Aneichung durch Bodenstationen gelten als Stand der Technik für die Ermittlung des Flächenniederschlags. Für die Hochwasservorhersage wurden sie aber 2013 in nur 4 Bundesländern als Modellinput genutzt, u.a. mit dem Hinweis, dass die Datenqualität noch nicht den Anforderungen für die hydrologische Modellierung entspricht. Dass mittlerweile 8 Bundesländer das Produkt zumindest situationsbezogen nutzen, deutet auch auf Verbesserungen in der Qualität hin. Diese Verbesserungen resultieren aus der Zahl der Bodenstationen für die Aneichung, die Einbeziehung von Radardaten der Nachbarländer, die Validierung der Bodenstationsdaten und weiteren Verbesserungen der Aneichung, auch durch die Einführung der polarimetrischen Radare. Insgesamt sind die Handlungsempfehlungen in diesem Teil überwiegend zumindest teilweise umgesetzt. Hinsichtlich der Validierung der Bodenstationen für die Aneichung wurden die Empfehlungen erfüllt.

### **D.1.3 Niederschlagsvorhersagen**

Der Niederschlag gehört zu den meteorologisch am schwierigsten zu bestimmenden Größen in der Vorhersage. Bei den Weiterentwicklungen der Wetterdienste liegt der Fokus auf der kontinuierlichen Verbesserung der Maschenweite, der Vorhersagezeiten, der Aktualisierungsintervalle und der Modellphysik. Diese Verbesserungen sollen auch zu einer stimmigeren Berechnung der Niederschlagfelder führen. Der Genauigkeit der Vorhersage sind jedoch Grenzen gesetzt, so dass sich die Wünsche der Vorhersagezentralen in Gänze wohl kaum erfüllen lassen. Eine zunehmende Aufmerksamkeit erhalten deshalb die Ensemblevorhersagen.

Hier wurden deutliche Fortschritte erzielt, u. a. im Hinblick auf die anfangs zu enge Bandbreite („Spread“) mit der Folge, dass zu viele Ereignisse außerhalb des vom Ensemble aufgespannten Feldes lagen. Insgesamt sind die Handlungsempfehlungen in diesem Teil teilweise umgesetzt. Hinsichtlich der Maschenweite wurden die Empfehlungen erfüllt.

### **D.1.4 Regionale Wetterberatung**

Im Jahr 2014 stellte der DWD verschiedene Strukturanpassungen vor, die u.a. die Zentralisierung von Aufgaben in Offenbach a.M. (Nationales Warnzentrum NWZ), die Umwand-

lung der bisherigen Regionalzentralen in Regionale Wetterberatungen (RWB) sowie Nachtschließungen der RWB (mit Übernahme der Beratung durch das NWZ) beinhalten. Im Jahr 2017 sind nun alle Regionalzentralen in Regionale Wetterberatungen umgewandelt worden.

Die Hochwasservorhersagezentralen weisen weiterhin darauf hin, dass insbesondere bei großen Hochwasserereignissen und für die nächtlichen Beratungsfälle ausreichend DWD-Beratungspersonal mit regionalen Gebietskenntnissen erreichbar sein sollte.

Laut DWD-Aussagen sind die DWD-Dienststellen München, Offenbach und Hamburg rund um die Uhr erreichbar. Die anderen regionalen Wetterberatungen stünden von 05:30 bis 22 Uhr (24 Uhr im Ereignisfall) zur Verfügung, außerhalb dieser Zeiten werden Anfragen an das NWZ weitergeleitet.

Die Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Regionalen Wetterberatung konnten vom DWD erfüllt werden.

### **D.1.5 Validierung der Genauigkeit der Niederschlagsvorhersagen**

Eine stationsbasierte Verifikation auf Basis von Großeinzugsgebieten wurde für die deterministischen Modelle des DWD umgesetzt. Diese Verifikation kann bei Bedarf für eine beliebig lange Periode, aber auch für ausgewählte Fälle, aufgesetzt werden. Auch die Ereignisstärke kann der Fragestellung angepasst werden. Die existierende Verifikation kann für das Ensemble Vorhersagesystem in probabilistischer Form angepasst werden.

Zusätzlich ist eine räumliche Verifikation, zur Quantifizierung der Fehler in der Lokalisation, mittels geeigneter Beobachtungsdatensätze (z.B. Niederschlagsradar) und Methoden geplant. Die Handlungsempfehlungen wurden damit teilweise umgesetzt

### **D.2 Umfang verfügbarer meteorologischer Messdaten für die Hochwasservorhersage**

Bei der Anzahl der online verfügbaren sowie für die Hochwasservorhersage verwendeten meteorologischen Stationen zeigen sich große Unterschiede in der Messstellendichte allgemein, insbesondere aber bei der parameterbezogenen Betrachtung. Dies ist nur zum Teil in den unterschiedlichen Klima- und Reliefbedingungen der Bundesländer begründet.

Es ist daher *notwendig zu prüfen*, ob die Daten zusätzlicher, bereits vorhandener Stationen oder Messnetze (z.B. ANKONDA-Stationen des DWD, Landesmessnetze oder privater Wetterdienstleister) für die Hochwasservorhersage sinnvoll genutzt werden können.

#### **Umsetzungsgrad 2017:**

Die Verwendung meteorologischer Messdaten in der Hochwasservorhersage hat sich zwischen 2013 und 2017 nur geringfügig geändert. Mit Ausnahme der Bundesländer, die keine Hochwasservorhersagen erstellen (BE, BH, HH, MV, SH), werden in allen anderen Bundesländern mehrere, aber nur in 5 (HE, SL, NI, ST, TH) alle vorhandenen Messnetze genutzt. 6 Bundesländer (BW, BY, BB, NW, RP, ST) geben an, dass die Verwendung weiterer Messnetze oder Messstationen geplant oder noch zu klären ist. Die Anzahl der in

der Hochwasservorhersage genutzten Niederschlagsmessstationen in Bezug auf die Landesfläche ist in den Bundesländern sehr unterschiedlich (vgl. Tab. 3).

Bundesland (sortiert nach Stationsdichte)	Landesfläche [km <sup>2</sup> ]	Anzahl verwendete Nied.-Stationen	Stationsdichte [Stationen/100 km <sup>2</sup> ]
Saarland	2569	38	1,58
Rheinland – Pfalz	19847	187	0,94
Baden-Württemberg	35752	275	0,77
Hessen	21115	157	0,74
Bayern	70549	523	0,74
Thüringen	16172	91	0,73
Sachsen- Anhalt	20445	86	0,42
Sachsen	18420	76	0,41
Niedersachsen	47618	161	0,34
Nordrhein Westfalen	34084	56	0,16
Brandenburg	29477	41	0,14
Berlin	892	Keine VHS	Keine VHS
Bremen	326	Keine VHS	Keine VHS
Hamburg	755	Keine VHS	Keine VHS
Mecklenburg-Vorpommern	23211	Keine VHS	Keine VHS
Schleswig-Holstein	15763	Keine VHS	Keine VHS

Tab. 3: Anzahl der in der Hochwasservorhersage genutzten Niederschlagsmessstationen  
Die Bundesländer BW, NW und RP erachten vor allem für die Parameter Schneehöhe und Schnee-Wasseräquivalent zusätzliche Messstationen für erforderlich (vgl. D.1.1). Insgesamt sind in diesem Teil die Handlungsempfehlungen teilweise erfüllt.

### D.3 Nutzung von Wetterberatung, Radar und Nowcasting für die Hochwasservorhersage

#### D.3.1 Verfügbarkeit und Nutzung von Daten und Produkten des DWD

Je kürzer die Reaktionszeit von Einzugsgebieten desto größer ist der Einfluss der Niederschlagsvorhersagen auf die Genauigkeit der Hochwasservorhersagen. Zur Bewertung und ggf. Korrektur der Niederschlagsvorhersagen ist es *dringend notwendig* die Daten und Produkte der Vorhersage- und Beratungszentralen bzw. der Regionalen Wetterberatung des Deutschen Wetterdienstes zu nutzen und falls erforderlich in Abstimmung mit dem DWD die speziellen Beratungsleistungen für die Hochwasservorhersage neu festzulegen.

In grenzüberschreitenden Einzugsgebieten und Einzugsgebieten, in denen Daten und Produkte des DWD für die Hochwasservorhersage nicht ausreichen, ist es notwendig zu prüfen, ob Daten und Produkte anderer Wetterdienste oder Wetterdienstleister genutzt werden können.

## Umsetzungsgrad 2017:

In allen Hochwasservorhersagen erstellenden Bundesländern sind Daten und Produkte der DWD-Wetterberatung zumindest teilweise verfügbar und werden für die Hochwasservorhersage genutzt. In fünf Bundesländern (BY, NW, RP, SN, ST) wird eine Ausweitung der Nutzung für erforderlich erachtet in vier Bundesländern (BB, HE, NI, SL) wird dies noch geprüft.

In 6 Bundesländern (BB, BW, BY, RP, SL, SN, ST) werden Daten und Produkte anderer Wetterdienste und Wetterdienstleister genutzt. In den Bundesländern, die keine Hochwasservorhersagen erstellen und in TH ist die Nutzung nicht erforderlich. In HE und NW ist eine Nutzung von Daten und Produkten weiterer Wetterdienste bzw. Wetterdienstleister noch zu prüfen, in BB, BY, SL und SN, ST ist eine Ausweitung der Nutzung geplant oder noch zu prüfen.

### D.3.2 Nutzung von Radardaten und Nowcastingprodukten

Werden Hochwasservorhersagen auch für kleine Einzugsgebiete erstellt oder sind Messnetze mit einer ausreichenden Stationsdichte nicht verfügbar, ist - insbesondere bei konvektiven Starkregenereignissen - die Verwendung von quantitativen Niederschlagsradardaten für die Hochwasservorhersage *notwendig*. Niederschlagsradardaten stellen darüber hinaus eine redundante Datenquelle zu Stationsdaten dar. Es wird *empfohlen*, deren zusätzliche Verwendung in der Hochwasservorhersage zu prüfen.

## Umsetzungsgrad 2017:

In 8 Bundesländern (BB, BY, NI, RP, SL, SN, ST, TH, 2013 in 4 BL) werden RADOLAN-Daten als Modellinput für die Hochwasservorhersage genutzt. In drei Bundesländern (BW, HE, NW) werden die Daten bisher nur zur qualitativen Bewertung herangezogen. In RP werden darüber hinaus Radardaten des französischen Wetterdienstes als Modellinput, in SN Radardaten eines weiteren Anbieters zur qualitativen Bewertung genutzt.

Die DWD-Nowcastingprodukte (2h-Kürzestfristvorhersage RADVOR) werden bisher nur in BB, BY und in TH als Modellinput genutzt. 5 weitere Bundesländer (BW, NI, NW, RP, SN) nutzen die Daten nur zur qualitativen Bewertung, u. a. mit dem Hinweis, dass die bisherigen Tracking- und Vorhersageverfahren von RADVOR nicht den Anforderungen für die hydrologische Modellierung entsprechen. In HE, SL und ST werden die Daten nicht genutzt oder ist ihre Nutzung noch zu prüfen. Weitere Nowcastingprodukte und Punkt-Termin-Prognosen werden aktuell von BB, BW, BY, SN, ST und TH als Modellinput genutzt. In den anderen Bundesländern (BY, NI, NW, RP, SL) werden sie zur qualitativen Bewertungen herangezogen oder ihre Nutzung für die Hochwasservorhersage noch geprüft. Insgesamt sind in diesem Teil die Handlungsempfehlungen nur teilweise erfüllt.

## **D.4 Nutzung meteorologischer Vorhersagen für die Hochwasservorhersage**

Für die geforderten Vorwarnzeiten ist in fast allen Fällen die quantitative Nutzung von meteorologischen Vorhersagen in der Hochwasservorhersage *notwendig*. Es wird *empfohlen*, auch die Verwendung von Vorhersagen anderer Wetterdienste und den Einsatz von Spezialvorhersagen (z.B. SNOW4) sowie Ensemblevorhersagen *zu prüfen*. Darüber hinaus wird *empfohlen*, die Verwendung von Nowcasting-Produkten insbesondere in sehr schnell reagierenden Einzugsgebieten *zu prüfen*.

### **Umsetzungsgrad 2017:**

#### **D.4.1 Deterministische DWD-Vorhersage**

Die deterministischen Vorhersagen des DWD werden (wie schon 2013) von allen Hochwasservorhersagen erstellenden Bundesländern genutzt. Diese kommen hierbei überwiegend quantitativ als Input für die Modelle zum Einsatz.

#### **D.4.2 Deterministische Vorhersage anderer Anbieter**

Insbesondere in den Bundesländern mit grenzüberschreitenden Einzugsgebieten und Bereichen, in denen die Produkte des DWD für die Hochwasservorhersage nicht ausreichen, kommen deterministische Vorhersagen anderer Anbieter zum Einsatz. BW, RP und SL nutzen die französischen Produkte ARPEGE und AROME. In BY finden u.a. ALARO-ALADIN der ZAMG und MétéoSuisse - COSMO-7 als Modellinput Anwendung. Zudem verwenden mehrere Bundesländer die Globalmodelle ECMWF (BB, BW, BY, SN), GSF (BB, BY, SN, TH) und UKMO (BY, SN).

#### **D.4.3 Ensemble-Vorhersagen**

Ensemble-Vorhersagen kommen mittlerweile in 9 Bundesländern (BB, BW, BY, NI, NW, RP, SL, SN, TH, 2013 in 4 BL) als Modellinput oder zur qualitativen Bewertung zum Einsatz. Am häufigsten genutzt werden die Produkte aus der COSMO-Gruppe, DE-EPS (BW, BY, NI, NW, RP, SL, SN, TH), gefolgt von LEPS (BB, BY, NW, SN, TH). ECMWF-EPS wird in den Ländern BY, SN und TH verwendet, SRNWP-EPS in NW und RP zur qualitativen Bewertung eingesetzt.

In HE und ST finden Ensemble-Vorhersagen derzeit noch keine Anwendung, diese ist aber geplant oder wird geprüft. In BW, BY, RP und SN ist eine Ausweitung der Nutzung geplant.

#### **D.4.4 Spezialvorhersagen**

Im Vergleich zu 2013 kommen 2017 etwas mehr Spezialvorhersagen zum Einsatz. Das DWD-Produkt SNOW4 findet bereits mehrheitlich (in BB, BY, HE, NW, RP, SL, SN, ST, TH) Anwendung. BW verwendet Schneeschmelzvorhersagen von LARSIM-BW sowie von SLF (CH).

Die Handlungsempfehlungen zur quantitativen Nutzung von Niederschlagsvorhersagen (D.4.1 und D.4.2) wurden weitgehend umgesetzt, die Handlungsempfehlungen zur Nutzung von Ensemble-Vorhersagen, Nowcasting-Produkten und Spezialvorhersagen (D.4.3 und D.4.4) zumindest teilweise.

## **D.6: Handlungsempfehlungen zu hydrologischen Daten, Wasserstands-Abfluss-Beziehungen**

### **Bedeutung des Handlungsfeldes**

Für die Erstellung einer Hochwasservorhersage (HW-Vorhersage) sind dauerhaft, sicher und aktuell vorliegende hydrologische Daten eine entscheidende Voraussetzung. Die Verfügbarkeit von zeitlich und räumlich geeignet aufgelösten Abflussdaten bildet die Basis der Hydrologie. Da an den Pegeln zumeist nur der Wasserstand gemessen werden kann, muss dieser über eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung in den entsprechenden Abfluss umgerechnet werden.

Die Güte und Aktualität der Wasserstands-Abfluss-(W-Q-)Beziehungen hat großen Einfluss auf die Vorhersagequalität. Vor allem im Hochwasserbereich sind die W-Q-Beziehungen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Für den operationellen Vorhersage- und Warnbetrieb ist es *dringend notwendig*, die W-Q-Beziehungen aller hochwasserrelevanten Pegel in den Bereich extremer Hochwasser zu extrapolieren. Für in Modellen verwendete Pegel ist es *notwendig*, die W-Q-Beziehungen im Extrembereich über geeignete Extrapolationsverfahren unter Berücksichtigung der ggf. ins Vorland erweiterten Pegelprofile abzusichern.

### **Umsetzungsgrad 2017:**

Im Jahr 2013 wurde in allen Bundesländern, für die Angaben vorliegen, Bedarf an einer Verbesserung der W-Q-Beziehungen im Hochwasserbereich gesehen. Insgesamt wurden zwar Verbesserungen erzielt, es besteht aber immer noch in vielen Bundesländern Handlungsbedarf. Die Empfehlung für den Extrapolationsbereich ist in 2017 in den Bundesländern BB, BE, HH und NW nur in geringem Maß umgesetzt, die Empfehlung für die Extrapolationsmethodik ist in BE und BB nur in geringem Maß umgesetzt (siehe Abbildungen D-1 und D-3 sowie Tabelle D-6 in Anlage D).

Auch in den WSV-Flussgebietseinheiten, die Binnenpegel mit WQ-Beziehungen enthalten, besteht Bedarf an einer Verbesserung der W-Q-Beziehungen im Hochwasserbereich. Die Empfehlung für den Extrapolationsbereich ist 2017 in der WSV-Flussgebietseinheit Ems nur in geringem Maß umgesetzt, die Empfehlung für die Extrapolationsmethodik ist auch in den übrigen WSV-Flussgebietseinheiten mit WQ-Binnenpegeln nur in geringem Maß umgesetzt (Abb. D-2 und D-4 sowie Tabelle D-7 in Anlage D).

Zusammenfassend handelt es sich hier um anspruchsvolle Arbeiten an der Messdatenbasis, bei der noch einige Arbeiten notwendig sind.

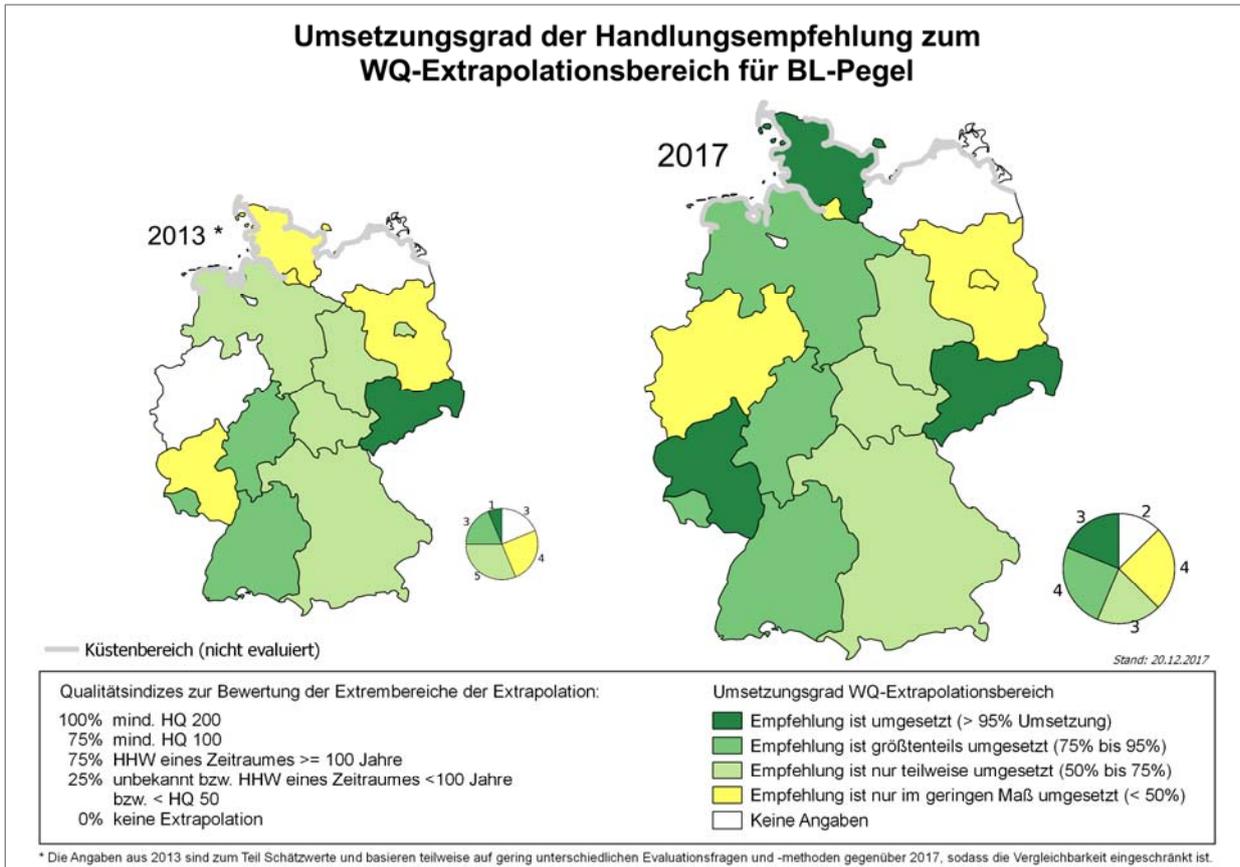


Abb. D-1: WQ-Extrapolationsbereiche (Pegelbetreiber: BL)

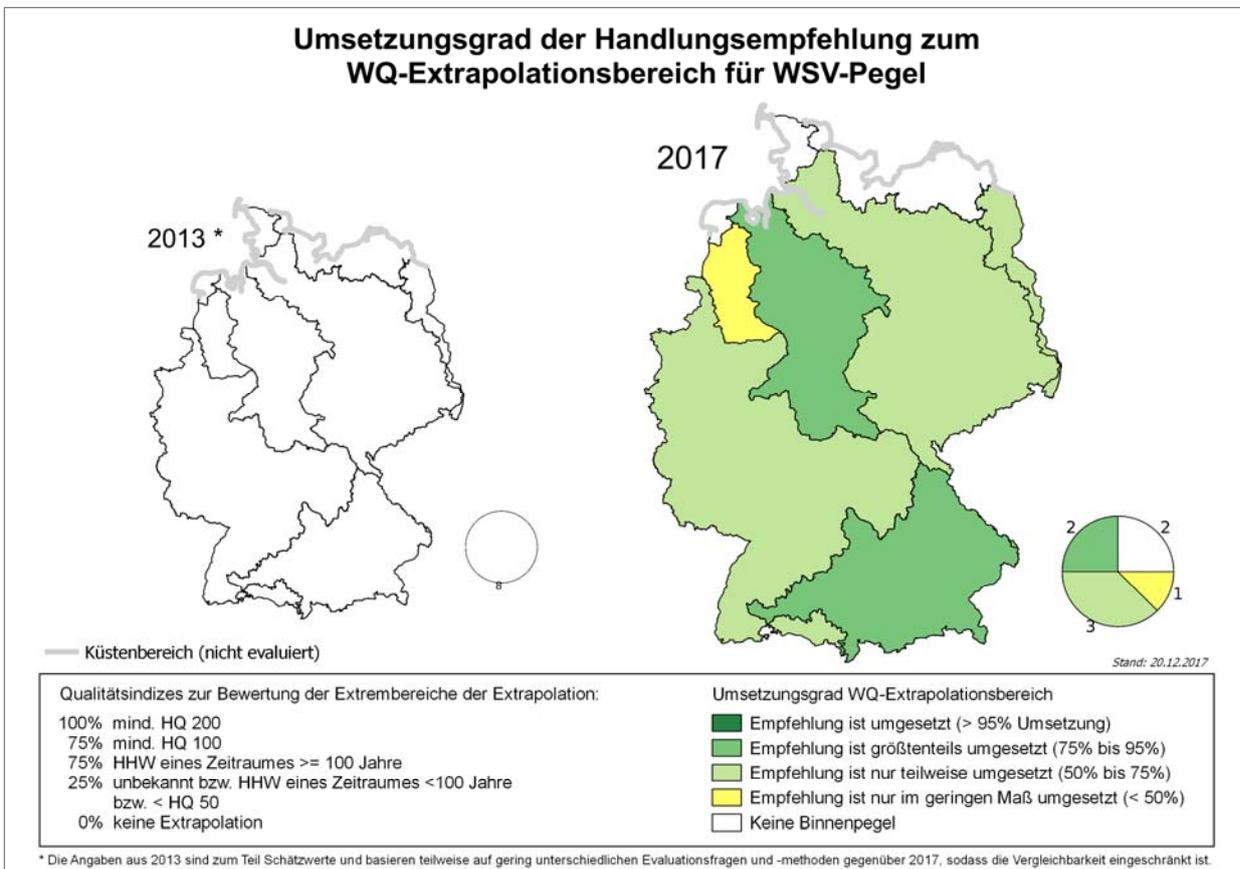


Abb. D-2: WQ-Extrapolationsbereiche (Pegelbetreiber: WSV)

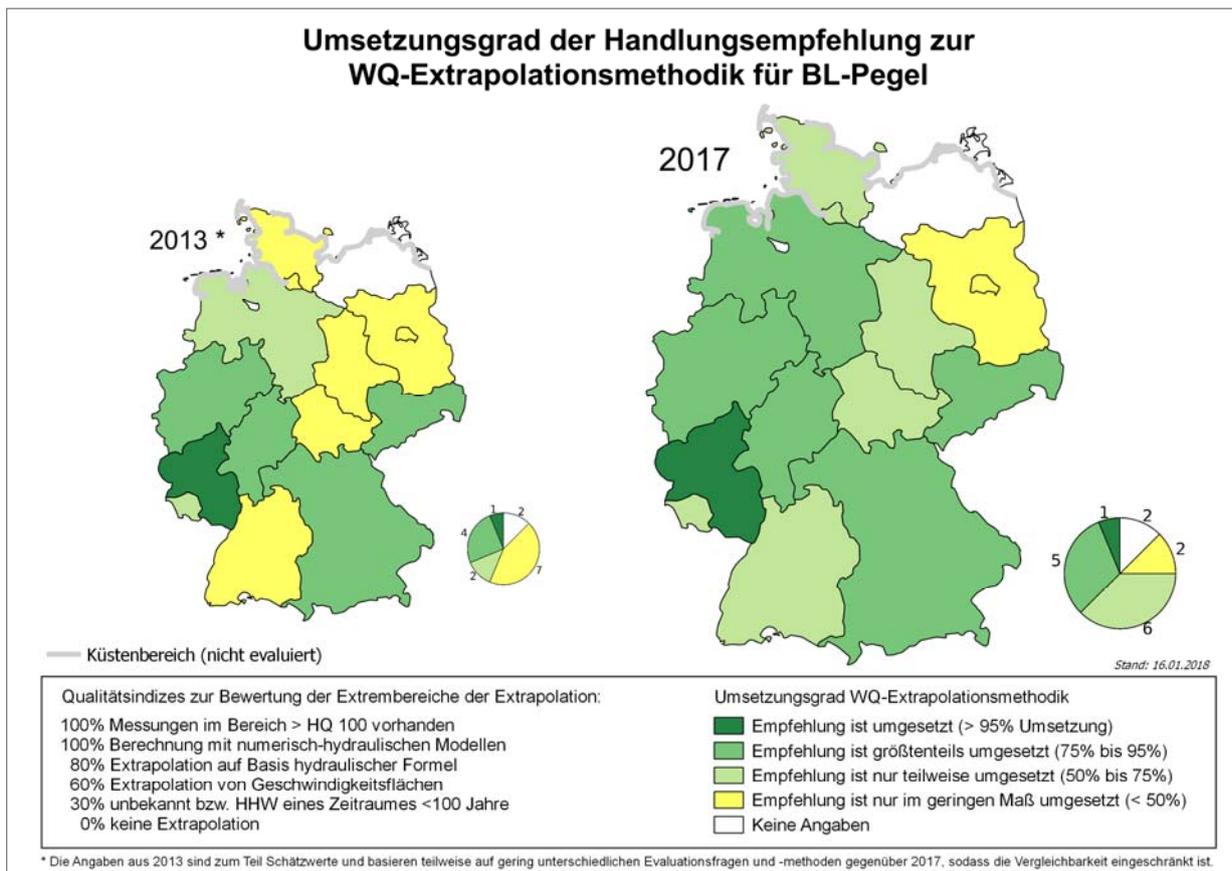


Abb. D-3: WQ-Extrapolationsmethodik (Pegelbetreiber: BL)

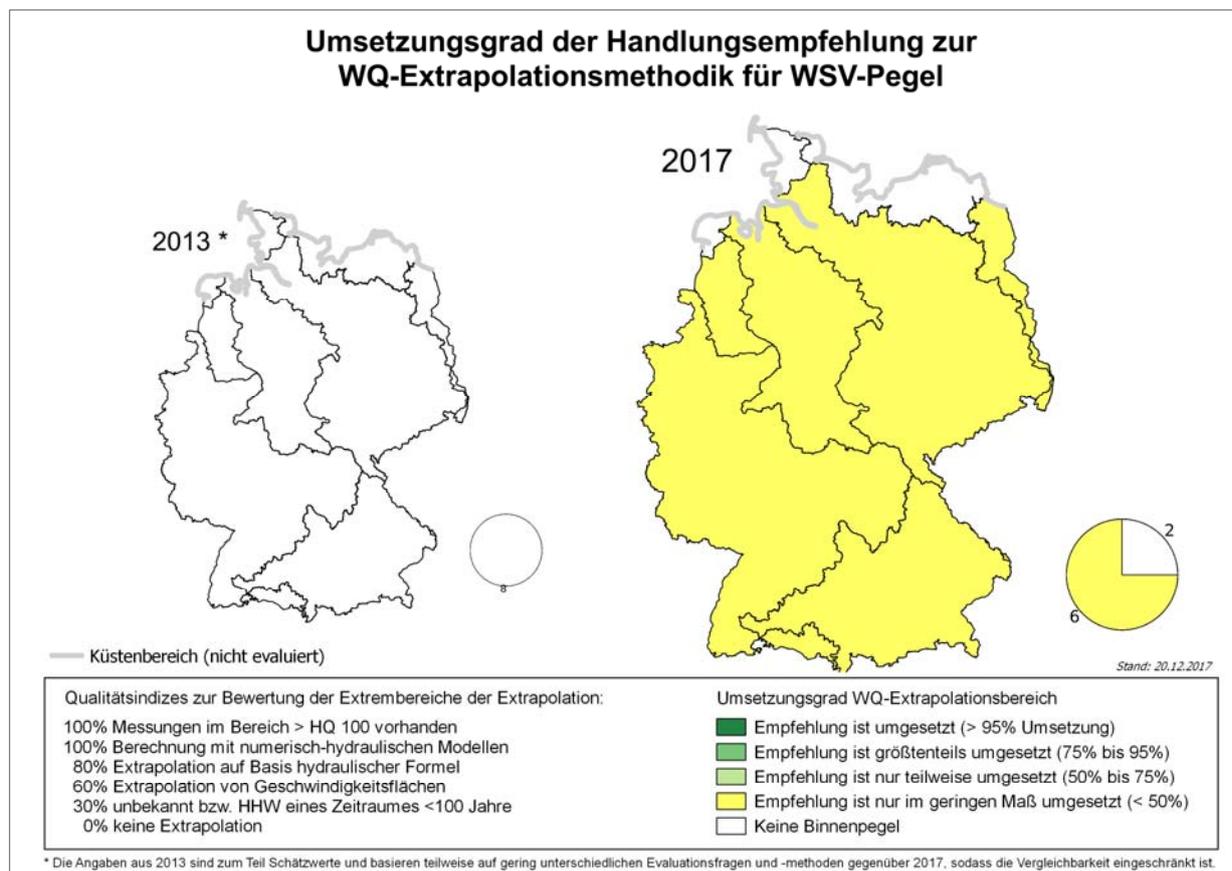


Abb. D-4: WQ-Extrapolationsmethodik (Pegelbetreiber: WSV)

## Handlungsfeld E: Systemdaten und Prozessbeschreibung in Hochwasser-Vorhersagesystemen

### Bedeutung des Handlungsfeldes E:

Der Umfang, die Qualität und die Aktualität der in den Hochwassermodellen erfassten Systemdaten sowie der Detaillierungsgrad der Prozessbeschreibung haben einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Vorhersage.

### Evaluierete Handlungsempfehlungen:

#### E.2 Geometriedaten des Flusses, Rauigkeitsbeiwerte und Wellenlaufzeiten

Es ist *dringend notwendig*, dass aktuelle Geometriedaten insbesondere bei größeren Veränderungen des Deichverlaufes, z.B. infolge von Deichrückverlegungen, zeitnah in die Modelle aufgenommen werden. Nach größeren Hochwassern ist es *notwendig*, dass die Rauigkeitsbeiwerte der Modelle u.a. anhand von Fixierungen oder Geschwemmsellinien überprüft und ggf. nachkalibriert werden.

Es ist *dringend notwendig*, die Wellenlaufzeit in den Vorhersagemodellen adäquat abzubilden, um sicherzustellen, dass neben der Höhe der Scheitel auch die Eintrittszeit genauer vorhergesagt werden kann.

#### E.5 Deichversagen

Der Einbau potentieller Deichbruchstellen in das operationelle Vorhersagemodell schafft die Möglichkeit, im Ereignisfall real eingetretene Deichbrüche zumindest vereinfacht zu berücksichtigen, und ist aufgrund der überregionalen Auswirkungen auf den Wellenablauf unterstrom *dringend notwendig*. Hierzu ist zwischen den einzelnen Vorhersagepegeln jeweils mindestens eine mögliche Deichbruchstelle zu identifizieren und die Größe der hinter dieser Versagensstelle liegenden Überflutungsfläche zu ermitteln. Die Ergebnisse sind dann in das Vorhersagemodell als Auslässe bzw. Becken zu implementieren.

#### E.6 Tideeinfluss durch die Nordsee bzw. Einfluss Wasserstand in der Ostsee

Um in den tidebeeinflussten bzw. vom Rückstau der Ostsee beeinflussten Binnenflüssen eine verbesserte Vorhersage zu erreichen, ist es *dringend notwendig*, diese Einflüsse im VH-Modell zu berücksichtigen. Hierzu ist als untere Randbedingung für das Flussmodell keine Wasserstands-Abflussbeziehung, sondern der gemessene bzw. vom BSH vorhergesagte Wasserstand zu verwenden (z.B. Oder).

#### E.7 Verbesserung der interaktiven Modellsteuerung

Es ist *dringend notwendig* die Benutzeroberfläche des Vorhersagesystems so auszustatten, dass eine interaktive Modellsteuerung zur Berücksichtigung von Rückhaltmaßnahmen, Deichbrüchen sowie ggf. zur Korrektur der numerischen Wettervorhersagen ermöglicht wird.

Ebenso ist es *notwendig* in den Vorhersagesystemen Steuerungsmöglichkeiten zu implementieren, um ggf. aktuell erkennbare Laufzeitunterschiede zwischen gemessenem und berechnetem Wellenablauf im Modell ereignisbezogen zu korrigieren.

## **E.10 Aktualisierung der vorhandenen Vorhersagemodelle und -systeme**

Es ist *dringend notwendig* für jedes Vorhersagemodell ein ggf. bundesländerübergreifendes Aktualisierungskonzept zu erstellen. Dies beinhaltet insbesondere: Änderungen von Systemeigenschaften (z.B. Deichrückverlegungen u. a. Geobasis- und Geofachdaten), neue Erkenntnisse aus aktuellen Hochwasserereignissen (Modellkalibrierung), Hard- und Software-Aktualisierungen (neue Versionen von Betriebssystemen, Modellsoftware, etc.) sowie Erweiterung von Eingangsdaten (Erweiterung von Stationsmessnetzen).

### **Umsetzungsgrad 2017:**

Die Tabelle 4 auf Seite 41 zeigt eine flussgebietsbezogene Zusammenstellung des Umsetzungsstandes zu den in den Handlungsempfehlungen als dringend notwendig erachteten Maßnahmen im Bereich der Hochwasser-Vorhersagesysteme.

Die notwendigen Aktualisierungen der Modelle und die zugehörigen Neukalibrierungen sind in den letzten drei Jahren in den meisten Fällen erfolgt bzw. sind bis 2020 geplant. Das in den Handlungsempfehlungen geforderte Aktualisierungskonzept, das eine adäquate Fortschreibung der Modelle sowie der zugrunde liegenden Daten auch in Zukunft sicherstellt, liegt bis auf wenige Ausnahmen vor.

Bei der Abbildung des Niederschlag-Abfluss-Prozesses ist eine fachliche Differenzierung deutlich zu erkennen. In den Bundesländern mit Mittelgebirgsregionen kommen aufwändigere Ansätze zur Berechnung der Schneemodellierung zum Einsatz. Ähnliches gilt für die Berechnung der Wellenlaufzeit. Bei den kleineren Flüssen erfolgt diese meist über hydraulische Ansätze, vereinzelt allerdings auch noch nur empirisch, und nur für die großen Flüsse Rhein, Donau, Elbe und Oder erfolgt die Berechnung der Wellenlaufzeit über hydrodynamische Ansätze.

Die modelltechnische Berücksichtigung von Deichbrüchen ist oft gar nicht oder nur durch einen aufwändigen händischen Eingriff möglich. Hier haben sich nur einzelne Verbesserungen gegenüber 2013 ergeben und mit Ausnahme des Donaugebietes besteht ein z. T. deutlicher Verbesserungsbedarf.

Die durch die Tide bzw. den Rückstau der Ostsee beeinflussten Wasserstände in den Unterläufen der Elbe und Oder sind jeweils in den Systemen berücksichtigt, ein Verbesserungsbedarf besteht aber an beiden Flüssen weiterhin noch.

Tabelle 4: Umsetzungsstand von Handlungsempfehlungen für Hochwasser-Vorhersagesysteme			Stand 2013					Stand 2017				
			Modellaktualisierung erforderlich	Abbildung der Wellenlaufzeit	Berücksichtigung der Deichbrüche	Aktualisierungskonzept	Tideeinfluss	Modellaktualisierung erforderlich	Abbildung der Wellenlaufzeit	Berücksichtigung der Deichbrüche	Aktualisierungskonzept	Tideeinfluss
<b>Rhein</b>												
BW	Rhein und Rheinzuflüsse	SYN1D, LARSIM										
BY	Mainzuflüsse	LARSIM										
	Main	WAVOS										
HE	Rheinzuflüsse	LARSIM										
NI	Vechte	PANTA RHEI										
NW	Rhein	LARSIM, NASIM										
RP	Mosel, Nahe, Lahn, Sieg	LARSIM										
	Rhein	WAVOS										
SL	Saar und Saaruflüsse	LARSIM										
TH	Rheinzufluss	HWVOR, J2000										
<b>Donau</b>												
BW	Donau und Donauzuflüsse	LARSIM										
BY	Donauzuflüsse	LARSIM										
	Donau	FLUX/FLORIS										
	Donau	WAVOS										
<b>Elbe</b>												
BY	Elbezufluss	LARSIM										
BB	Stepenitz	NASIM										
NI	Ilmenau	PANTA RHEI										
SN	Schwarze Elster, Spree	Individualentwicklung										
	Weißer Elster	BCE-NA										
	Mulde	ARC-EGMO/RIMODO										
	Große Röder	HBV + kin. Routing										
	Elbe	Individualentwicklung										
ST	Elbe, Saale, Havel	WAVOS										
	Saale und Nebenflüsse, Schwarze Elster	HWVor Saale										
	Ilse, Bode	M-Pro von WinPro										
TH	Elbezuflüsse	HWVOR, J2000										
<b>Oder</b>												
BB	Oder	WAVOS										
SN	Lausitzer Neiße	Individualentwicklung										
<b>Weser</b>												
HE	Weserzuflüsse	LARSIM										
NW	Weserzufluss	LARSIM, NASIM										
NI	Aller, Leine, Oker, Hunte, Wümme	PANTA RHEI										
TH	Weserzuflüsse	HWVOR, J2000										
<b>Ems</b>												
NI	Hase	PANTA RHEI										
NW	Emszufluss	LARSIM, NASIM										
			Legende: <span style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px;">Empfehlung ist umgesetzt</span> <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">Empfehlung ist teilweise umgesetzt</span> <span style="background-color: #FFFF00; padding: 2px;">Empfehlung ist nicht umgesetzt</span> <span style="background-color: #D3D3D3; padding: 2px;">keine Angabe</span>									
Stand: 21.12.2017												

## **Anlage A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld A, Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung**

Für das Handlungsfeld A gibt LAWA (2014) die nachfolgend kurz zusammengefassten „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“.

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

Dringend notwendig zu prüfen:

- ob in noch nicht erfassten Flussgebieten die Erstellung und der Betrieb von Hochwasservorhersagemodellen sinnvoll und notwendig ist oder ob dort eher kein Bedarf an einer Hochwasservorhersage besteht (s. Handlungsempfehlung A.1)
- ob die Hochwasservorhersagemodelle jederzeit einsatzbereit sind (A.3)
- ob die Melde- und Warnwege über eine Hochwassergefahr über Verordnungen (Hochwassermeldeordnung) von der Wasserwirtschaft an die zuständigen Gefahrenabwehrbehörden eindeutig geregelt sind

Dringend notwendig:

- die vorhandenen bzw. die ggf. noch neu zu erstellenden regionalen und überregionalen Vorhersagesysteme innerhalb der Flussgebiete über einen automatisierten Datenfluss miteinander zu vernetzen (A.2)
- dass Vorhersagen, aber insbesondere die Warnungen zeitnah veröffentlicht werden und klar und übersichtlich dargestellt sind
- dass Vorhersagen im Hochwasserfall in hoher zeitlicher Auflösung (d. h. nicht nur als ein einzelner Vorhersagewert pro Tag, sondern als Ganglinie mit mindestens stündlichen Werten) veröffentlicht werden
- Warnungen und Vorhersagen über verschiedene technische Informationswege zu kommunizieren (z. B. Internet für mobile Geräte, Videotext, automatische Telefonansage, Radio, Pressemitteilung) und die Informationswege laufend an den aktuellen Stand der Technik anzupassen (A.6)

Notwendig:

- die Vorhersagemodelle in den Hochwasserzentralen kontinuierlich zu betreiben, d.h. im ganzjährigen Betrieb über das gesamte Abflussspektrum (A.3)
- zur besseren und klareren Veranschaulichung die Vorhersageunsicherheit mit geeigneten Verfahren zu berechnen und in graphischer Form darzustellen und nur dort, wo es unumgänglich ist, auf die Darstellung als Text zurückzugreifen (A.5)
- zur besseren und klareren Abgrenzung von Vorhersage und Abschätzung auch die Abschätzung in graphischer Form darzustellen und nur dort, wo es unumgänglich ist, auf die Darstellung als Text zurückzugreifen
- das LHP mit den damit verbundenen Landesportalen als nationale Plattform für amtliche Hochwasserinformationen weiter auszubauen und die Landesportale, die z. T. umfangreiche Zusatzinformationen beinhalten, wo erforderlich noch benutzerfreundlicher zu gestalten

Notwendig zu prüfen:

- in welcher Häufigkeit die Vorhersagen im Hochwasserfall veröffentlicht werden

Dringend empfohlen zu prüfen:

- die Hochwasservorhersagen im Ereignisfall (ab LHP Klasse 3) mindestens in folgenden Aktualisierungsintervallen zu berechnen und zu veröffentlichen:
  - Flussgebiete < 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 3-stündliche Aktualisierung
  - Flussgebiete > 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 6-stündliche (4-mal täglich) Aktualisierung (A.4)
- ob die Unsicherheit der veröffentlichten Vorhersage darzustellen ist (A.5)
- den Informationsfluss der Melde- und Warnwege
- wie das Länderübergreifende Hochwasserportal als gemeinsame Plattform für die Weiterentwicklung des Informationsangebotes genutzt werden kann

Dringend empfohlen:

- einen jährlichen Erfahrungsaustausch zur Hochwasservorhersage im Rahmen einer LA-WA-Expertengruppe einzurichten, mit dem Ziel der weiteren Verbesserung der Vorhersagesysteme sowie zur Information und zur Abstimmung weiterer Entwicklungen (A.7)

Empfohlen zu prüfen:

- ob ein Optimierungsbedarf bei bestehenden Vernetzungen gegeben ist (A.3)

Empfohlen:

- technische Benachrichtigungssysteme (z.B. SMS, Email) einzurichten, die es zuständigen Dienststellen oder lokal Betroffenen ermöglichen, sich bei Überschreiten von kritischen Wasserständen oder Meldehöhen informieren zu lassen

## Anlage A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld A, Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung

Tabelle A-1: hochwasserrelevante Pegel und Stand der Hochwasservorhersage

<b>Zusammenstellungen aus Bogen 5 und 9: Evaluation zum Betrieb der Vorhersagemodelle und der Veröffentlichung der Vorhersage für jeden HW-relevanten Pegel</b>																		
<b>LAWA-Handlungsempfehlung:</b>																		
1. Es ist dringend zu prüfen, ob in den entsprechenden Flussgebieten die Erstellung und der Betrieb von Hochwasservorhersagemodellen sinnvoll und notwendig ist oder ob dort eher kein Bedarf an einer Hochwasservorhersage besteht.																		
2. Es ist dringend notwendig, dass HW-Vorhersagen und Warnungen zeitnah veröffentlicht werden und klar und übersichtlich dargestellt sind. Es ist notwendig zu prüfen, in welcher Häufigkeit die Vorhersagen im Hochwasserfall veröffentlicht werden.																		
Zu- stand	Kriterium	Umsetzungsgrad in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
<b>2017</b>	HW-relevante Pegel	252	488	22	130	0	0	115	3	113	137	80	25	106	70	65	83	1689
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage intern vorhanden	251	486	0	22	0	0	78	2	83	36	80	19	64	47	1	83	1252
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage wird veröffentlicht	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage nur intern verfügbar	150	316	0	6	0	0	37	0	16	29	41	6	50	32	0	26	709
<b>2013</b>	HW-relevante Pegel	216	495	0	41	0	0	102	2	92	86	54	14	104	46	68	81	1401
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage intern vorhanden	156	495	0	21	0	0	77	2	59	29	52	14	44	40	3	81	1073
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage wird veröffentlicht	99	115	0	16	0	0	35	2	58	7	38	13	6	14	3	0	406
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage nur intern verfügbar	57	380	0	5	0	0	42	0	1	22	14	1	38	26	0	81	667
Stand der Auswertung: 21.12.2017																		

zugehörige Abbildungen: Titelseite sowie Abb. A-1 und A-2

## Anlage A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld A, Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung

Tabelle A-2: Aktualisierung von Vorhersagen außerhalb Hochwasser

Zusammenstellungen aus Bogen 5 und 9: Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen: Häufigkeit der Vorhersage-Aktualisierung außerhalb Hochwasser																		
LAWA-Handlungsempfehlung: Um einen reibungslosen Betrieb der Hochwasserzentralen sicherzustellen ist es dringend notwendig, regelmäßig zu überprüfen, ob die Hochwasservorhersagemodelle jederzeit einsatzbereit sind. Hierzu wird empfohlen, die Vorhersagemodelle in den Hochwasserzentralen kontinuierlich zu betreiben, d.h. im ganzjährigen Betrieb über das gesamte Abflussspektrum. Dies ist auch für die Verbesserung der Vorhersage für die großen Flusssysteme notwendig.																		
Zu-stand	Aktualisierungen außerhalb Hochwasser	Umsetzungsgrad in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
2017	Mindestens einmal täglich	101	10	0	0	0	0	39	0	3	7	39	10	14	0	0	54	277
	Mindestens einmal werktätlich	0	160	0	16	0	0	2	2	64	0	0	0	0	15	1	3	263
	Mindestens einmal pro Woche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
	keine Angabe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stand der Auswertung: 21.12.2017																		

zugehörige Abbildung: A-4

Tabelle A-3: Aktualisierung von HW-Vorhersagen bei Hochwasser

Zusammenstellungen aus Bogen 5 und 9: Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen: Häufigkeit der Vorhersage-Aktualisierung bei Hochwasser																			
LAWA-Handlungsempfehlung: Die Kommunikation von Vorhersagen und Warnungen hat eine große Bedeutung für die Verbreitung der Informationen im Hochwasserfall. Dabei ist es dringend notwendig, dass Vorhersagen, aber insbesondere die Warnungen zeitnah veröffentlicht werden und klar und übersichtlich dargestellt sind.																			
Zu-stand	Flussgebiet	Aktualisierung pro Tag	Anzahl Pegel in den Bundesländern																
			BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
2017	< 5000 km <sup>2</sup>	> 15	80	38	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	153	
		8 - 15	0	89	0	0	0	0	0	0	53	0	25	0	0	0	0	167	
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	62	
		0 - 3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11	0	1	0	3	18
	> 5000 km <sup>2</sup>	> 7	21	43	0	0	0	0	5	0	10	0	5	1	0	0	0	85	
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	9	0	2	0	0	19	
		2 - 3	0	0	0	2	0	0	0	2	4	0	0	1	4	14	1	0	28
		0 - 1	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Stand der Auswertung: 21.12.2017		Summe Pegel:	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543

zugehörige Abbildung: A-5

## Anlage A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld A, Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung

Tabelle A-4: Darstellung zur Bandbreite der wahrscheinlichen Hochwasserentwicklung

Zusammenstellungen aus Bogen 5 und 9: Darstellung der Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung																		
<p><b>LAWA-Handlungsempfehlung:</b>            Es wird dringend empfohlen zu prüfen, ob die Unsicherheit der veröffentlichten Vorhersage darzustellen ist. Notwendig ist die Darstellung/Kommunikation der Unsicherheiten immer dann, wenn für die Gefahrenabwehr Vorhersagen benötigt werden, die über den verlässlichen Vorhersagehorizont hinausgehen.</p>																		
Zu-stand	Darstellung	Anzahl Pegel in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
<b>2017</b>	HW-relevante Pegel	252	488	22	130	0	0	115	3	113	137	80	25	106	70	65	83	1689
	Vorhersage wird veröffentlicht	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543
	Bandbreite: tabellarisch und graphisch	0	170	0	0	0	0	3	0	0	7	9	0	14	0	0	0	203
	Bandbreite: graphisch	101	0	0	0	0	0	0	0	59	0	1	0	0	0	0	54	215
	Bandbreite: tabellarisch	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0	27
	Keine	151	318	22	116	0	0	112	3	54	130	58	24	92	70	65	29	1244
<b>2013</b>	HW-relevante Pegel	216	495	0	41	0	0	102	2	92	86	54	14	104	46	68	81	1401
	Vorhersage wird veröffentlicht	99	115	0	16	0	0	35	2	58	7	38	13	6	14	3	0	406
	Bandbreite: tabellarisch und graphisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bandbreite: graphisch	97	114	0	0	0	0	0	0	48	0	1	0	0	0	1	0	261
	Bandbreite: tabellarisch	0	0	0	15	0	0	0	2	0	6	24	0	4	0	0	0	51
	Keine	119	381	0	26	0	0	102	0	44	80	29	14	100	46	67	81	1089

Stand der Auswertung: 21.12.2017

zugehörige Abbildung: A-7

## Anlage A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld A, Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung

Tabelle A-5: Veröffentlichungsmedien für Hochwasservorhersagen

Zusammenstellungen aus Bogen 5 und 9: Bereitstellung von Hochwasser-Informationen																		
<b>LAWA-Handlungsempfehlung:</b> 1. Es ist dringend notwendig zu prüfen, ob die Melde- und Warnwege über eine Hochwassergefahr über Verordnungen (Hochwasser-meldeordnung) von der Wasserwirtschaft an die zuständigen Gefahrenabwehrbehörden eindeutig geregelt sind. Es wird empfohlen den Informationsfluss der Melde- und Warnwege regelmäßig zu prüfen. 2. Es ist dringend notwendig, Warnungen und Vorhersagen über verschiedene technische Informationswege zu kommunizieren (z.B. Internet für mobile Geräte, Videotext, automatische Telefonansage, Radio, Pressemitteilung) und die Informationswege laufend an den aktuellen Stand der Technik anzupassen.																		
Zu-stand	Veröffentlichung	Anzahl Pegel in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
2017	HW-relevante Pegel	252	488	22	130	0	0	115	3	113	137	80	25	106	70	65	83	1689
	Vorhersage wird veröffentlicht	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543
	Veröffentlichung im Landeshochwasserportal	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	8	14	14	1	54	534
	Veröffentlichung im mobilen Internet bzw. responsive Design	101	170	0	2	0	0	41	0	1	7	39	13	14	0	0	54	442
	Veröffentlichung in der Smartphone APP	101	170	0	2	0	0	40	2	57	6	37	7	14	14	1	54	505
	Veröffentlichung über weitere Informationswege	101	170	0	2	0	0	3	2	0	7	37	0	14	15	1	0	352

Stand der Auswertung: 16.01.2018

zugehörige Abbildung: A-8

Hinweis: Für 2013 liegen keine Informationen in diesem Detailgrad vor

## **Anlage B: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld B: Absicherung der technischen Ausfallsicherheit**

Für das Handlungsfeld B gibt LAWA (2014) die nachfolgend kurz zusammengefassten „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“.

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

Dringend notwendig:

- Sicherstellung der Datenaktualisierung und -bereitstellung an hochwasserrelevanten Landes- und Bundespegeln in einem Intervall von  $\leq 1$  Stunde (= Zeitraum der Werte-Erfassung bis Verfügbarkeit in der HW-Zentrale), insbesondere während extremer Hochwasserlagen (siehe Handlungsempfehlung B.1)
- Gewährleistung einer hohen Ausfallsicherheit des Datenabruf- und Empfangssystems (B.2.1)
- Der Internetauftritt mit den Hochwasservorhersagen muss genügend Server-Kapazitäten haben, um hohen Zugriffszahlen auch bei großen Hochwasserereignissen standzuhalten (siehe Handlungsfeld B.3)
- Prüfung auf Sicherstellung des kontinuierlichen behördeninternen Zugriffes auf Pegeldaten, Vorhersagen und Hochwassermeldungen auch im Falle einer Überlastung der öffentlich zugänglichen Internetportale (siehe Handlungsfeld B.3)
- Sicherstellung der kontinuierlichen Aufrechterhaltung der Telekommunikationsnetz-Anbindung in der Hochwasserzentrale (siehe Handlungsfeld B.4)

Notwendig:

- Redundanz bei der Datenspeicherung beider Geber durch zwei verschiedene Datensammler (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Redundanz bei der Datenfernübertragung über zwei verschiedene Übertragungswege (Festnetz, Mobilfunk) (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Vorliegen eines mindestens stündlichen Übertragungsintervalls (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Redundante Vorhaltung der Energieversorgung am Pegel (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Bei Einsatz von Solarenergie oder Akkus beträgt die minimale Länge der Stromverfügbarkeit dem Zeitraum einer typischen Hochwasserdauer (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Vorhaltung eines redundanten Datenabruf- und Empfangssystems (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Sicherstellung der Datenbereitstellung über das redundante System bei Ausfall des primären Datenabruf-/ Empfangssystems (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Redundante Vorhaltung der Hardware sowie eingesetzten Software für die Erstellung von Hochwasservorhersagen (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Datentransfer der Hochwasserzentralen erfolgt auf abgesicherten (verschlüsselten) Informationswegen (Schutz vor Hackerangriffen) (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Redundant ausgelegte Klimaanlage in IT-Räumen (siehe Handlungsfeld B.2.3)

- Sicherstellung der Stromversorgung für alle Systemkomponenten auch bei einem voll redundanten System (auch über Notstromsysteme zu gewährleisten) (siehe Handlungsfeld B.2.3)
- Der Standort der Hochwasserzentrale muss HQ<sub>extrem</sub>-sicher sein (siehe Handlungsfeld B.2.3)
- Durchführung regelmäßiger Lasttests des Internetauftritts (siehe Handlungsfeld B.3)
- Festlegung priorisierter Netzanschlüsse mit den Kommunikationsanbietern (siehe Handlungsfeld B.4)

Notwendig zu prüfen:

- Umsetzung bereits existenter Regelwerke und Empfehlungen (z.B. Pegelvorschrift LAWA 1997) in die Praxis (siehe Handlungsfeld B Vorbemerkung)
- Prüfung auf Möglichkeit der Geberredundanz über zwei Messverfahren (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Prüfung auf eine mindestens gewährleistete technische und bauliche HQ<sub>200</sub>-Sicherheit (siehe Handlungsfeld B.1.2)
- Kann die Funktionalität der Hochwasserzentrale auch von einem anderen Standort aus aufrechterhalten werden (z. B. wegen eines Brandes am Hauptstandort)? (siehe Handlungsfeld B.2.3)

Empfohlen zu prüfen:

- Zugänglichkeit der Pegel für Wartungsarbeiten mindestens bis zu einem 100-jährlichen Hochwasser (siehe Handlungsfeld B.1.2)
- Vorhaltung des redundanten Datenabruf- und Empfangssystems in zwei unabhängigen Gebäuden möglich? (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Möglichkeiten des Datenbezuges über unterschiedliche Wege (z. B. FTP-Server, Webservice, direkter Pegel-Abruf) zur Erhöhung der Datenausfallsicherheit (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Anbindung an mindestens zwei voneinander unabhängige Festnetzknotten (siehe Handlungsfeld B.4)

## Anlage B: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertungen zu Handlungsfeld B: Absicherung der technischen Ausfallsicherheit

Tabelle B-1: Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel der Bundesländer

Zusammenstellungen aus Bogen 1: Evaluation zur Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel																		
LAWA-Handlungsempfehlung: Herstellung einer baulichen und technischen Ausfallsicherheit bis mindestens zum 200-jährlichen Hochwasser für die Messung und Datenübertragung an allen hochwasserrelevanten Pegeln der Länder und des Bundes.																		
Zu- stand	Kriterium	Umsetzungsgrad in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
2017	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	94%	90%	57%	55%	25%	0%	90%	0%	99%	89%	80%	81%	100%	96%	93%	67%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Messmethode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	90%	78%	57%	41%	17%	0%	90%	0%	99%	87%	80%	81%	100%	41%	43%	67%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	85%	59%	38%	6%	0%	0%	43%	0%	78%	75%	72%	10%	100%	4%	4%	67%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	93%	81%	43%	6%	0%	8%	2%	0%	99%	97%	46%	90%	100%	9%	100%	100%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>91%</b>	<b>77%</b>	<b>49%</b>	<b>27%</b>	<b>10%</b>	<b>2%</b>	<b>56%</b>	<b>0%</b>	<b>94%</b>	<b>87%</b>	<b>70%</b>	<b>65%</b>	<b>100%</b>	<b>38%</b>	<b>60%</b>	<b>75%</b>
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	100%	88%	57%	88%	33%	100%	100%	100%	99%	k.A.	95%	48%	100%	96%	100%	91%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	98%	42%	57%	18%	25%	0%	100%	100%	91%	k.A.	85%	48%	98%	66%	50%	74%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	95%	73%	81%	92%	25%	53%	89%	100%	75%	56%	69%	48%	100%	71%	87%	52%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>98%</b>	<b>68%</b>	<b>65%</b>	<b>66%</b>	<b>28%</b>	<b>51%</b>	<b>96%</b>	<b>100%</b>	<b>88%</b>	<b>56%</b>	<b>83%</b>	<b>48%</b>	<b>99%</b>	<b>78%</b>	<b>79%</b>	<b>73%</b>
	Anzahl der Pegel mit Datenaktualisierung Messwerte im Landeshochwasserportal ≤ 1h		100%	99%	0%	64%	33%	100%	100%	100%	100%	100%	71%	19%	100%	100%	100%	78%
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
2013	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	94%	97%	0%	45%	0%	0%	92%	0%	100%	87%	84%	50%	87%	73%	50%	59%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Messmethode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	90%	97%	0%	38%	8%	0%	92%	0%	100%	84%	69%	50%	87%	11%	50%	57%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	85%	86%	0%	0%	0%	8%	44%	0%	78%	70%	69%	0%	87%	0%	1%	57%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	87%	0%	0%	0%	0%	8%	2%	0%	100%	2%	69%	95%	87%	2%	46%	57%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>89%</b>	<b>70%</b>	<b>0%</b>	<b>21%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>58%</b>	<b>0%</b>	<b>94%</b>	<b>61%</b>	<b>73%</b>	<b>49%</b>	<b>87%</b>	<b>21%</b>	<b>37%</b>	<b>57%</b>
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	100%	84%	0%	72%	33%	100%	100%	100%	99%	k.A.	0%	50%	100%	96%	4%	77%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	98%	0%	0%	0%	25%	0%	100%	100%	66%	k.A.	0%	50%	100%	66%	0%	34%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	92%	84%	0%	69%	25%	50%	91%	100%	71%	k.A.	0%	50%	100%	71%	42%	66%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>97%</b>	<b>56%</b>	<b>0%</b>	<b>47%</b>	<b>28%</b>	<b>50%</b>	<b>97%</b>	<b>100%</b>	<b>79%</b>		<b>0%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>78%</b>	<b>15%</b>	<b>59%</b>
	Anzahl der Pegel mit Datenaktualisierung Messwerte im Landeshochwasserportal ≤ 1h		100%	100%	0%	64%	33%	100%	100%	100%	100%	100%	k.A.	20%	100%	100%	34%	96%

Stand der Auswertung: 20.12.2017

zugehörige Abbildungen: B-1, B-3

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %

## Anlage B: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertungen zu Handlungsfeld B: Absicherung der technischen Ausfallsicherheit

Tabelle B-2: Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel der WSV

Zusammenstellungen aus Bogen 1: Evaluation zur Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel										
LAWA-Handlungsempfehlung: Herstellung einer baulichen und technischen Ausfallsicherheit bis mindestens zum 200-jährlichen Hochwasser für die Messung und Datenübertragung an allen hochwasserrelevanten Pegeln der Länder und des Bundes.										
Zustand	Kriterium	Umsetzungsgrad WSV im Stromgebiet								
		WSV Rhein	WSV Elbe	WSV Donau	WSV Ems	WSV Weser	WSV Nordsee	WSV Ostsee	WSV Oder	
2017	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	100%	91%	100%	100%	88%	86%	keine HW-relevanten WSV-Binnenpegel	100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Messmethode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	95%	76%	100%	100%	88%	86%		100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	91%	69%	100%	80%	91%	57%		100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	93%	69%	100%	100%	100%	100%		100%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>95%</b>	<b>76%</b>	<b>100%</b>	<b>95%</b>	<b>92%</b>	<b>82%</b>		<b>100%</b>
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	98%	82%	100%	0%	100%	100%	keine HW-relevanten WSV-Binnenpegel	92%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	65%	49%	100%	0%	50%	100%		92%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	88%	73%	100%	80%	62%	100%		92%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>84%</b>	<b>68%</b>	<b>100%</b>	<b>27%</b>	<b>71%</b>	<b>100%</b>		<b>92%</b>
			WSV Rhein	WSV Elbe	WSV Donau	WSV Ems	WSV Weser	WSV Nordsee	WSV Ostsee	WSV Oder
2013	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	99%	71%	55%	100%	57%	0%	keine HW-relevanten WSV-Binnenpegel	83%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Messmethode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	99%	70%	55%	43%	53%	0%		83%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	81%	76%	55%	43%	51%	0%		75%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	88%	76%	55%	0%	0%	100%		75%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>92%</b>	<b>73%</b>	<b>55%</b>	<b>46%</b>	<b>40%</b>	<b>25%</b>		<b>79%</b>
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	97%	95%	100%	100%	65%	100%	keine HW-relevanten WSV-Binnenpegel	92%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	93%	31%	100%	43%	0%	0%		83%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	97%	95%	73%	79%	61%	100%		83%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>96%</b>	<b>74%</b>	<b>91%</b>	<b>74%</b>	<b>42%</b>	<b>67%</b>		<b>86%</b>

Stand der Auswertung: 20.12.2017

zugehörige Abbildungen: B-2, B-4

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %

## Anlage B: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertungen zu Handlungsfeld B: Absicherung der technischen Ausfallsicherheit

Tabelle B-3: Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen

Zusammenstellungen aus Bogen 3: Evaluation zur Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und IT-Systeme bzw. ITZBund																	
LAWA-Handlungsempfehlung: Gewährleistung der technischen Ausfallsicherheit der Datenübertragung, der IT-Systeme in den Hochwasserzentralen und den relevanten Gebäudeinstallationen, der Stromversorgung, des Internetauftritts und der Kommunikationsverbindungen. Erhöhung der Ausfallsicherheit durch den Einsatz von Redundanzen.																	
Zustand	Aspekt	Umsetzungsgrad in den Bundesländern															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
2017	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	96%	100%	80%	22%	50%	83%	78%	6%	92%	75%	71%	60%	100%	100%	79%	75%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	99%	75%	k.A.	33%	59%	100%	94%	50%	100%	63%	31%	88%	100%	75%	50%	50%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	75%	71%	k.A.	14%	39%	29%	46%	k.A.	100%	21%	32%	64%	100%	61%	56%	29%
	gesamt	90%	82%	80%	23%	49%	71%	72%	28%	97%	53%	45%	71%	100%	79%	62%	51%
2013	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	82%	100%	40%	8%	50%	83%	78%	k.A.	92%	75%	46%	37%	92%	34%	53%	75%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	99%	75%	k.A.	25%	25%	100%	75%	k.A.	100%	63%	31%	55%	100%	50%	25%	50%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	61%	71%	k.A.	11%	0%	29%	31%	k.A.	100%	21%	29%	47%	64%	29%	44%	14%
	gesamt	80%	82%	40%	15%	25%	71%	61%	k.A.	97%	53%	35%	46%	85%	37%	41%	46%

Stand der Auswertung: 20.12.2017

zugehörige Abbildungen: B-5, B-6, B-7

Tabelle B-4: Ausfallsicherheit ITZBund

Zusammenstellungen aus Bogen 3: Evaluation zur Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und IT-Systeme bzw. ITZBund			
LAWA-Handlungsempfehlung: Gewährleistung der technischen Ausfallsicherheit der Datenübertragung, der IT-Systeme in den Hochwasserzentralen und den relevanten Gebäudeinstallationen, der Stromversorgung, des Internetauftritts und der Kommunikationsverbindungen. Erhöhung der Ausfallsicherheit durch den Einsatz von Redundanzen.			
Zustand	Aspekt		
		HMZ Rhein	ITZBund
2017	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	k.A.	96%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	k.A.	50%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	k.A.	49%
	gesamt	k.A.	65%
2013	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	k.A.	k.A.
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	k.A.	k.A.
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	k.A.	k.A.
	gesamt	k.A.	k.A.

Stand der Auswertung: 20.12.2017

zugehörige Abbildungen: B-5, B-6, B-7

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %

## **Anlage C: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld C, Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit**

Für das Handlungsfeld C gibt LAWA (2014) die nachfolgend kurz zusammengefassten „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“.

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

Dringend notwendig:

- Personelle Absicherung aller relevanten Aufgabenfelder durch eine ausreichende Besetzung ggf. auch im Schichtdienst (Handlungsempfehlung C.1 und C.5)

Notwendig:

- Maßnahmen um einen reibungslosen Betrieb zu ermöglichen (C.2)
- Dokumentation aller Abläufe (C.3)
- Notfallvorkehrungen und Übungen (C.4)

## Anlage C: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld C, Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit

Tabelle C-1: Verfügbarkeit von Personal in den Hochwasserzentralen

Bogen 4: Evaluation zur ausreichenden Verfügbarkeit von qualifiziertem und geschultem Personal für alle benötigten betrieblichen Funktionen in den Hochwasserzentralen																	
Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlung: Ausreichende Verfügbarkeit von qualifiziertem und geschultem Personal für alle benötigten betrieblichen Funktionen in den Hochwasserzentralen, einschließlich der personellen Ressourcen zur Sicherstellung eines ggf. erforderlichen Schichtbetriebes rund um die Uhr (24h/d) auch während extremer und/oder lang anhaltender Hochwasser.																	
Zu-stand	Kriterium	Zielerreichung Personal															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
2017	Hydrologe, sehr gut vertraut	100%	93%	k.A.	50%	k.A.	33%	100%	k.A.	100%	15%	50%	50%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Hydrologe, gut vertraut	77%	89%	k.A.	60%	k.A.	33%	0%	k.A.	100%	13%	75%	67%	k.A.	100%	k.A.	100%
	IT-Betreuung Vorhersagesystem	77%	100%	k.A.	0%	k.A.	33%	100%	k.A.	100%	10%	67%	75%	k.A.	100%	k.A.	50%
	IT-Betreuung sonstiges System	100%	100%	k.A.	80%	k.A.	33%	100%	k.A.	100%	20%	33%	75%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Personal gesamt (Zielerreichung)	88%	92%	k.A.	54%	k.A.	33%	90%	k.A.	100%	14%	60%	67%	k.A.	100%	k.A.	88%
	Personal gesamt (Summe)	13	15.8	k.A.	13	k.A.	1.2	9	k.A.	5	1.3	12	6	9	5	k.A.	7
2013	Hydrologe, sehr gut vertraut	50%	96%	k.A.	50%	k.A.	33%	100%	k.A.	83%	15%	17%	50%	k.A.	50%	k.A.	100%
	Hydrologe, gut vertraut	67%	62%	k.A.	60%	k.A.	33%	0%	k.A.	50%	3%	75%	33%	k.A.	75%	k.A.	50%
	IT-Betreuung Vorhersagesystem	67%	73%	k.A.	0%	k.A.	33%	0%	k.A.	100%	0%	33%	50%	k.A.	100%	k.A.	50%
	IT-Betreuung sonstiges System	67%	74%	k.A.	80%	k.A.	33%	0%	k.A.	100%	15%	33%	50%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Personal gesamt (Zielerreichung)	62%	75%	k.A.	54%	k.A.	33%	30%	k.A.	80%	8%	45%	44%	k.A.	70%	k.A.	75%
	Personal gesamt (Summe)	8	13	k.A.	13	k.A.	1.2	3	k.A.	4	0.7	9	4	8	3.5	k.A.	6

Stand der Auswertung: 19.01.2018

zugehörige Abbildung: Abb. C-1

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %

Bei der Interpretation der Tabelle ist zu beachten, dass die dort genannten Personen nicht immer vollumfänglich der Vorhersagezentrale zugeordnet sind, sondern z.T. nur mit Stellenanteilen und in der Regel weitere Aufgabenfelder abzudecken haben.

Die jeweiligen Zentralen decken je nach Organisation des Hochwasserwarn- und -vorhersagedienstes einen unterschiedlichen Aufgabenumfang ab, der z. T. die technische Informationsbereitstellung und Vorhersageberechnung übersteigt. Zum Aufgabenfeld der Vorhersagezentrale kann u.a. gehören:

- Pressearbeit
- Beratung und Information von Behörden und Dienststellen
- Beratung von Anlagenbetreibern (Talsperren, Speicher, Polder)
- Beratung der Öffentlichkeit
- Anlagensteuerung (Talsperren, Speicher, Polder usw.)
- Interne und externe Abstimmung der Vorhersagen (z.B. Wetterdienst, Zentralen von Ober- und Unterliegern, Talsperrenbetreiber)

## **Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten**

Für das Handlungsfeld D bestehen folgende „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“ (LAWA, 2014):

### **a) Handlungsempfehlungen D.1 bis D.4 (meteorologische Daten):**

Dringend notwendig:

- Verbesserung der Niederschlagsvorhersage (siehe Handlungsempfehlung D.1.3)
- Validierung der Genauigkeit der Vorhersage von hochwasserauslösenden Niederschlagsereignissen (D.1.5)
- Aufrechterhaltung / Ausweitung der regionalen Wetterberatung durch den DWD (D.1.4)
- Verbesserung der Radarprodukte durch den DWD (D.1.2)
- Nutzung der Daten und Produkte der regionalen Wetterberatung des DWD (D.3)

Notwendig:

- Verwendung von quantitativen Niederschlagsradardaten für die Hochwasservorhersage in kleinen Einzugsgebieten und bei nicht ausreichender Dichte des Niederschlagsmessnetzes (D.3.2)
- Quantitative Nutzung von meteorologischen Vorhersagen (D.4)

Notwendig zu prüfen

- Nutzung von Daten zusätzlicher, bereits vorhandener Stationen oder Messnetze (D.2)
- Nutzung der Daten und Produkte ausländischer Wetterdienste oder anderer Wetterdienstleister (D.2)

Empfohlen zu prüfen

- Zusätzliche Verwendung von quantitativen Niederschlagsradardaten in der Hochwasservorhersage (D.3.2)
- Verwendung von Nowcasting-Produkten insbesondere in sehr schnell reagierenden Einzugsgebieten (D.3.2)
- Verwendung von Vorhersagen anderer Wetterdienste und Einsatz von Spezialvorhersagen (z. B. Schneeschmelzvorhersagen) und Ensemblevorhersagen (D.4.2 - D.4.4)

## **Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten**

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

### **b) Handlungsempfehlungen D.5 und D.6 (hydrologische Daten):**

Dringend notwendig:

- Extrapolation der W-Q-Beziehungen aller hochwasserrelevanten Pegel in den Bereich extremer Hochwasser (siehe Handlungsempfehlung D.6)

Notwendig:

- Absicherung der W-Q-Beziehungen für in Modellen verwendete Pegel über geeignete Extrapolationsverfahren (unter Berücksichtigung der ggf. ins Vorland erweiterten Pegelprofile) (D.6)
- Verwendung der jeweils gleichen W-Q-Beziehung für die Pegel an den Übergabepunkten / Schnittstellen zwischen den Hochwasser-Zentralen (D.6)
- Zeitnahe Mitteilung von Änderungen der WQ-Beziehungen durch die zuständige Dienststelle an alle hiervon betroffenen Vorhersagezentralen (D.6)

Empfohlen zu prüfen

- Berücksichtigung aller hochwasserrelevanten Pegel im Vorhersagemodell (D.5)
- Aufnahme von hochwasserrelevanten Pegeln der WSV in die Kategorie der A-Pegel (D.5)

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Tabelle D-1: Informationen des DWD zur Verbesserung von Niederschlagsvorhersagen

<b>Bogen DWD : Evaluation der Verbesserung von DWD-Produkten und zur Verfügbarkeit von Messdaten für die Hochwasservorhersage</b> <b>Teil 1: Niederschlagsvorhersagen</b>		
<b>Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlung: Weitere Verbesserung der Niederschlagsvorhersage insbesondere für Kurzfristvorhersagen 0 bis 27 h (z.B. 3 km Raster) und Mittelfristvorhersagen bis 96 h (z.B. 7 km Raster) sowie eine integrierte Vorhersagekette (seamless prediction) vom Nowcasting bis mindestens zur 48. Vorhersagestunde der numerischen Wettermodellkette.</b>		
Aspekt	Stand 2017	geplante Umsetzung nach 2017
<p>Höhere Genauigkeit der Rasterniederschlagshöhen (&gt; 25 mm/12h oder 30-50 mm/d)</p>	<p>Starkniederschlagsvorhersagen des DWD bis 27h beruhen auf COSMO-DE und COSMO-DE-EPS, von 27h bis 120h (180h) auf ICON-EU Nest bzw. ICON. Prä-operationelle Vorhersagen des ICON-EPS werden der BfG zur Evaluierung bereitgestellt.</p>	<p>Im 4. Quartal 2017 wird ICON-EPS (40 km Maschenweite global, über Europa 20 km) in den operationellen Betrieb überführt und die Vorhersagen können den allen hydrologischen Landesämtern und der BfG zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Im 2. Quartal 2017 wird der prä-operationelle Betrieb von COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS aufgenommen. Das COSMO-D2 Gebiet ist gegenüber dem COSMO-DE Gebiet nach Westen, Norden und Süden vergrößert und die Maschenweite ist von 2,8 auf 2,2 km verringert. Zusätzlich ist die Anzahl der Modellschichten von 50 auf 65 erhöht. Prä-operationelle Vorhersagen des COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS können zur Evaluierung bereitgestellt werden.</p> <p>Im 2. Quartal 2018 sollen COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS in den operationellen Betrieb überführt werden.</p>
<p>Höhere räumliche Auflösung von Vorhersagen</p>	<p>Nowcasting: RadVor-OP 1km                      NWV:                      COSMO-DE und COSMO-DE-EPS: 2,8 km Maschenweite                      ICON: 13 km Maschenweite                      ICON-EU Nest: 6,5 km Maschenweite</p>	<p>Nowcasting: Erhöhung der Auflösung auf 250 m                      NWV:                      ICON: 13 km Maschenweite                      ICON-EU Nest: 6,5 km Maschenweite                      Ab 4. Quartal 2017: ICON-EPS (40 km Maschenweite global, über Europa 20 km)                      Ab 2. Quartal 2018: COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS: 2,2 km Maschenweite.                      Ab 2021: ICON-EPS (26 km Maschenweite global, über Europa 13 km und für Deutschland 6,5 km)</p> <p>ebenfalls geplant ab 2021: IVS 1km</p>

noch Tabelle D-1 (1. Fortsetzung)

Aspekt	Stand 2017	geplante Umsetzung nach 2017
Ausreichender Spread in der Ensemblevorhersage (primär Niederschlag und Temperatur)	Seit 21.03.2017: Neues Setup des Ensemble-Vorhersagesystems COSMO-DE-EPS: Anfangsdaten aus der Ensemble-Datenassimilation (KENDA), seitliche Randbedingungen von ICON-EPS. Deutliche Verbesserung der Spread/Skill Relation und der statistischen Scores (Brier, CRPS) für Niederschlag und Temperatur.	Im 2. Quartal 2018 sollen COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS in den operationellen Betrieb überführt werden (siehe Frage 7).
Lufttemperatur über Schnee	Das ICON-Bodenmodell verwendet einen Tile-Ansatz, bei dem je Gitterelement zwischen schneebedecktem und schneefreiem Anteil unterschieden wird. Bei teilweise schneebedeckten Gitterelementen kann deshalb die Lufttemperatur in 2m über Grund deutlich von 0°C abweichen. Im COSMO-DE wird kein Tile-Ansatz verwendet, so dass auch bei teilweise schneebedeckten Gitterelementen die Lufttemperatur in 2m über Grund kaum von 0°C abweichen kann.	Bis 2021 soll das COSMO-Modell durch das ICON-Modell im „Limited Area Mode“, ICON-LAM, ersetzt werden. Dann wird auch der Tile-Ansatz im hochauflösenden Regionalmodell für Deutschland und Anrainerstaaten eingesetzt.
Seamless prediction in Bezug auf die Wettervorhersage	Zwischen Nowcasting-Vorhersagen (0 – 2h) und numerischer Wettervorhersage, basierend auf COSMO-DE und COSMO-DE-EPS, können deutlich spürbare Brüche entstehen.	Die Entwicklung des „Integrierten Vorhersagesystems“ (2017 – 2020) hat das Ziel, möglichst nahtlose Ensemble-Vorhersagen von 0 – 12h aus einer Kombination von weiterentwickelten Nowcasting-Verfahren und stündlich neu gerechneten ICON-LAM Vorhersagen zu erstellen (siehe HU HPC vom März 2017). ICON-LAM soll das Gebiet des COSMO-D2 abdecken mit 2 km Maschenweite mit einem 2-Wege-Nest über Deutschland mit 1 km Maschenweite.
Verifikation der Vorhersagen auf Einzugsgebietsbasis, evt. getriggert auf LHP-Basis bei hochwasserauslösenden Starkregenereignissen, gemäß Dokument der LAWA-UA "Hochwasserfrühwarnung" vom 17.11.2004	Eine stationsbasierte Verifikation auf Basis von Großezugsgebieten wurde für die deterministischen Modelle des DWD umgesetzt. Diese Verifikation kann bei Bedarf für eine beliebig lange Periode aber auch für ausgewählte Fälle aufgesetzt werden. Auch die Ereignisstärke kann der Fragestellung angepasst werden. Voraussetzung für die Verifikation ist die Bereitstellung von Feedback Files.	Die existierende Verifikation kann für das Ensemble-Vorhersagesystem angepasst werden. Zusätzlich ist eine räumliche Verifikation, zur Quantifizierung der Fehler in der Lokalisation, mittels geeigneter Beobachtungsdatensätze (z.B. Niederschlagsradar) und Methoden geplant.

noch Tabelle D-1 (2. Fortsetzung)

Aspekt	Stand 2017	geplante Umsetzung nach 2017
Bereitstellung von Verifikationen auf Grundlage von Hindcasts (ereignisbezogen, ggf. auch kontinuierlich)	Bereitstellung für Warnungen durch WV11b, bzgl. NWV durch FE1 Im Hinblick auf NWV sollte die existierende Verifikation sowohl auf Hindcasts als auch auf die Routine Vorhersagen oder Experimente anwendbar sein.	Die Bereitstellung von Hindcasts für ausgewählte oder vordefinierte Ereignisse ist nicht vorgesehen. Insofern gibt es dafür von Seiten der Verifikation auch keine spezifischen Pläne.
Spezialvorhersagen (SNOW4, Nutzerabfrage nach Verbesserungswünschen durchführen)	Eine umfangreiche, auf wiederholten Nutzerabfragen in der Vergangenheit basierende Liste existiert bereits. Diese Wünsche wurden priorisiert und werden entsprechend der verfügbaren Ressourcen sukzessive umgesetzt.	Die Einbringung weiterer Anforderungen z.B. im Rahmen des DWD-Kundenforums ist jederzeit möglich; evtl. würde eine Neupriorisierung notwendig.
Bereitstellung von OOG bzw. MOSMIX für zusätzliche Stationen	Prinzipiell möglich; Wünsche, Anforderungen und Anregungen können über KU4 zur Weitergabe an WV1, FE1, FE2... an den DWD herangetragen werden.	

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Tabelle D-2: Informationen des DWD zur Verbesserung von Radarprodukten

<b>Bogen DWD: Evaluation der Verbesserung von DWD-Produkten und zur Verfügbarkeit von Messdaten für die Hochwasservorhersage, Teil 2: Radarprodukte</b>		
Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlung: Aufgrund der Ungenauigkeiten in den Niederschlagsradardaten ist eine weitere Verbesserung der Radarprodukte durch den DWD dringend notwendig (RADOLAN, RADVOR).		
Aspekt	Stand 2017	geplante Umsetzung nach 2017
Nutzung der Ombrometerdaten der Anrainerstaaten (Tschechien, Frankreich, Luxemburg, Polen, Österreich etc.)	Ombrometerdaten aus CH, A und CZ sind mit einer Deutschland-ähnlichen Messnetzdichte verfügbar; Daten aus DK, F und NL sind mit einer geringeren Messnetzdichte verfügbar; Daten aus PL, L und B sind aktuell nicht verfügbar.	Die Dateneinbringung weiterer ausländischer Ombrometerdaten in Echtzeit wird durch TI21 koordiniert und wurde von KU4 bei TI2 angefordert. Eine Realisierung ist nur in Abhängigkeit der verfügbaren Ressourcen bei TI2 möglich.
Integration der Radardaten der Anrainerstaaten	Radardaten aus Dänemark, Polen, Tschechien, der Schweiz, Frankreich, Belgien und den Niederlanden sind bereits integriert.	Radardaten aus A werden seit März 2017 bezogen und werden spätestens im Jahr 2018 in RADOLAN-ME (=mitteleuropäisches RADOLAN) integriert sein (Maßnahme läuft bereits).
Eliminierung von Abdeckungslücken bzw. Störechos (z.B. „Feldbergspeiche“)	In RADOLAN-ME ist die vom Radar Feldberg verursachte Abdeckungslücke durch Schweizer Radardaten seit März 2017 eliminiert. Sonst gibt es aktuell keine permanenten Abdeckungslücken in RADOLAN.	Eine weitere Eliminierung von Störechos wird durch Nutzung der polarimetrischen Radardaten als Input für RADOLAN/RADOLAN-ME erreicht. Eine Umsetzung bedarf noch der abschließenden Evaluierung durch WV1.
Weitere Verbesserung in der Aneichung (z.B. Merging-Verfahren in Echtzeit, Best guess aus 3 statt 2)	Das Mergingverfahren (inkl. best guess aus drei Aneichverfahren: RL- und RU-Produkte) wird routinemäßig erstellt.	Eine Laufzeitoptimierung des Mergingverfahrens erfolgt in Zusammenarbeit mit dem LfU RP in 2017, so dass eine schnellere Verfügbarkeit dieser Produkte erreicht wird.
Validierung der Ombrometerdaten vor Nutzung für Aneichung (automat. Qualimet)	Mithilfe des sog. BodKorr-Verfahrens werden Stationen mit zu hohen und zu niedrigen Werten gegenüber Radar von der Aneichung ausgeschlossen.	Eine Nutzung eines automatischen Qualimet-Verfahrens ist für zeitkritische Anwendungen nicht möglich.
Verifikation der Vorhersagen auf Einzugsgebietsbasis, evtl. getriggert auf LHP-Basis bei hochwasserauslösenden Starkregenereignissen	Stündliche Verifikation des RADVOR-Produkts RQ gegen RADOLAN-RW über alle definierten Pixelwerte (im nationalen RADOLAN-Raster) wird durchgeführt.	Eine operationelle und/oder fallweise Verifikation von RADVOR auf Einzugsgebietsbasis ist derzeit aus Ressourcen Gründen nicht vorgesehen, wird aber als neue Maßnahme aufgenommen.
Verifikation hochwasserauslösender Starkregenereignisse (Update-Zyklus, Einzugsgebiete)	Tägliche Verifikationen von RADOLAN werden durchgeführt und den Ländern bereitgestellt (s.a. Beitrag „Verifikation von RADOLAN auf der Basis täglicher Niederschlagsdaten“ im KU4-Newsletter 04/2017).	Eine auf Einzugsgebieten basierende Verifikation wird als neue Maßnahme aufgenommen.

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Tabelle D-3: Informationen des DWD zur Verbesserung Messstellendichte, Datenverfügbarkeit sowie regionale Wetterberatung

<b>Bogen DWD: Evaluation der Verbesserung von DWD-Produkten und zur Verfügbarkeit von Messdaten für die Hochwasservorhersage</b> <b>Teil 3: Messstellendichte, Datenverfügbarkeit sowie regionale Wetterberatung</b>		
Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlungen: Regional ist es notwendig die Messstellendichte zu erhöhen sowie die online-Verfügbarkeit von Daten wichtiger Parameter zu verbessern. Dies betrifft insbesondere die Messung des Schnee-Wasseräquivalentes. Für die ereignisbezogene Beratung der Hochwasserzentralen ist die Aufrechterhaltung - bzw. wo erforderlich die Ausweitung - der regionalen Wetterberatung durch die DWD-RZ bzw. die DWD-RWB dringend notwendig.		
Aspekt	Stand 2017	geplante Umsetzung nach 2017
<b>Messstellendichte und Datenverfügbarkeit</b>		
Ausbau des Messnetzes	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b> (Stand: 12.04.2017)</p> 182 hauptamtliche Stationen (HA) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 mit Personal besetzt (24-Std)</li> <li>• 16 Flugwetterwarten</li> <li>• 9 zeitweise mit Personal besetzt</li> <li>• 149 Vollautomaten</li> <li>• 1766 nebenamtliche Stationen</li> <li>• 839 melden stündlich online</li> <li>• 203 melden monatlich per Tabelle</li> <li>• 724 melden täglich manuell</li> </ul> <p><b>Partnernetze:</b> Ombrometermessnetze der Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und der Emschergenossenschaft (NRW) sind eingebunden</p>	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b> Erhalt und Ausbau der Online-Datenbereitstellung. → Umstellung der Nst(k) von monatlicher Tabelle auf tägliche manuelle Zumeldung = Web-Applikation</p> <p><b>Partnernetze:</b> Einbinden weiterer Partnernetze inkl. Klärung der Daten-Nutzungsbedingungen → Nur bei uneingeschränkter Datenfreigabe können die Daten allen Prozessen zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Nutzung möglichst aller Daten der Ländermessnetze auch in Vorhersage, Warnung und Beratung</p>
Verfügbarkeit Schneehöhe	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b> (Stand: 12.04.2017)</p> Schneehöhe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4x täglich Gesamtschneehöhe von personell besetzten Stationen</li> <li>○ 2x täglich Neuschneehöhe von personell besetzten Stationen und im Ereignisfall (Schwellwertüberschreitung)</li> <li>○ Von 146 Stationen stündliche Gesamtschneehöhen</li> </ul> </li> <li>• NA-Netz:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 728 Messungen tägl. manuell (online)</li> <li>○ 724 Messungen tägl. manuell (Monatstabelle)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Partnernetze:</b> Bundesland Bayern liefert 1x täglich manuell erhobene Schnee-Messungen.</p>	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b> Schneehöhe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: Ausweitung der autom. Schneehöhenmessung auf nahezu alle Standorte, da manuelle Erhebung durch Vollautomation wegfällt</li> <li>• NA-Netz: Beibehaltung der manuellen Messung</li> </ul> <p><b>Partnernetze:</b> Ausweitung der Parameterbereitstellung je nach Verfügbarkeit.</p>

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Fortsetzung Tabelle D-3: Informationen des DWD zur Verbesserung Messstellendichte, Datenverfügbarkeit sowie regionale Wetterberatung

Aspekt	Stand 2017	geplante Umsetzung nach 2017
Verfügbarkeit Schnee-Wasseräquivalent	<p>Wasseräquivalent (WÄ): Messung ab 5cm Schneehöhe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: Alle Stationen mit Personal</li> <li>• NA-Netz:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 431 Messungen täglich manuell (online)</li> <li>○ 39 Messungen täglich manuell (Monatstabelle)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Partnernetze:</b> Bundesland Bayern liefert 1x täglich manuell erhobene Schnee- und WÄ-Messungen.</p>	<p>Wasseräquivalent:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: Einführung einer autom. WÄ-Messung (aktuell Sensorerprobung)</li> <li>• NA-Netz: Beibehalt der manuellen Bestimmung</li> </ul> <p><b>Partnernetze:</b> Ausweitung der Parameterbereitstellung je nach Verfügbarkeit.</p>
Einsatz automatischer Sensoren für Schneehöhe und Wasseräquivalent	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b> (Stand: 12.04.2017)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: 146 Schneehöhensensoren</li> </ul>	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: Ausweitung der autom. Schneehöhenmessung auf nahezu alle Standorte</li> <li>• HA-Netz: Einführung einer autom. WÄ-Messung (aktuell Sensorerprobung)</li> </ul>
<b>Regionale Wetterberatung</b>		
Gleiche Beratungsleitung (Spezialprodukte) bei weiterer Zentralisierung der Wetterberatung	RWBn sind eingerichtet und von 5:30 bis 22/24 Uhr besetzt; München 24/7	Es ist keine Zentralisierung der Beratung geplant, außer der schon vorgenommenen Nachtschließungen; zusätzliche Beratungsleistungen und Produkte sind auf Anfrage hin möglich
Regionale Expertise (z. B. Alpenraum) bei Zentralisierung der Wetterberatung	Keine Zentralisierung geplant	bleibt unverändert erhalten
Erreichbarkeit rund um die Uhr	München, Offenbach, Hamburg; sonst 5:30 bis 22/24 Uhr	Keine Änderung geplant

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Tabelle D-4: Verwendung von meteorologischen Vorhersageprodukten, Stand 2017

		Stand 2017															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
Deterministische DWD- Vorhersage	DWD - GME	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DWD - COSMO EU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DWD - COSMO DE	+	+	-	+		o	+	?	+	+	+	+	+	+	y	+
	DWD - ICON	+	+	-	o		-	+	?	+	+	+		o	+	-	o
	DWD - ICON EU	+	+	-	+		-	+	?	+	+	+	+	+	+	-	+
Deterministische Vorhersage anderer Anbieter	Météo France - ARPEGE	+	-	-	-		-	-	?	-	y	+	+	y	y	-	-
	Météo France - AROME	+	-	-	-		-	-	?	-	y	+	+	y	y	-	-
	MétéoSuisse - COSMO-2	-	y	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	MétéoSuisse - COSMO-7	-	+	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	ZAMG - ALARO-ALADIN	-	+	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	ZAMG - AROME	-	y	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	ECMWF	+	+	-	+		-	y	?	-	y	y		o	y	-	o
	UKMO	-	+	-	-		-	-	?	-	-	-		o	y	-	y
	GSF	-	+	-	+		-	-	?	-	-	y		o	y	-	o
	WRF	-	y	-	-		-	-	?	-	-	-		o	y	-	y
Weitere	-	y	-	-		-	-	?	-	y	-		o	y	-	-	
Ensemble- VHS	ECMWF - EPS	y	+	-	y		-	-	?	-	y	-		o	y	-	o
	COSMO - LEPS	-	+	-	+		-	y	?	y	o	o	y	o	y	-	o
	COSMO DE - EPS	+	+	-	y		+	y	?	+	o	+	+	o	y	-	o
	SRNWP - PEPS	-	y	-	y		-	-	?	y	o	o		y	y	-	y
	Weitere	-	o	-	-		-	-	?	-	y	-			y	-	-
Spezial- vorhersagen	DWD - SNOW4	y	+	-	+		-	+	?	-	+	+	o	+	+	-	+
	MeteoGroup - MOS	+	+	-	-		-	-	?	-	y	y		y	y	-	y
	DWD - OOG	y	y	-	+		-	y	?	y	y	y		o	y	-	+
	DWD - OMG	y	y	-	+		-	y	?	y	y	y		o	y	-	y
	DWD-RWB-Beratungsprodukte	o	+	-	-		-	o	?	+	y	y		o	+	-	o
Weitere	-	-	-	-		-	-	?	-	y	-		+	y	-	-	

Stand: 18.10.2017

-	aus Sicht BL: nicht benötigt
y (0 %)	keine Nutzung
o (50 %)	qualitative Nutzung
+ (100 %)	Nutzung als Modellinput

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Tabelle D-5: Verwendung von meteorologischen Vorhersageprodukten, Stand 2013

		Stand 2013															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
Deterministische DWD- Vorhersage	DWD - GME	+	+	y	o	?	-	+	?	o	+	+	o	o	+	y	+
	DWD - COSMO EU	+	+	y	+	?	-	+	?	+	+	+	+	+	+	y	+
	DWD - COSMO DE	+	+	y	+	?	o	+	?	+	+	+	+	+	+	y	+
	DWD - ICON	-	y	y	-	?	-	y	?	-	-	y		y	y	-	
	DWD - ICON EU	-	y	y	-	?	-	y	?	-	-	y	y	y	y	-	
Deterministische Vorhersage anderer Anbieter	Météo France - ARPEGE	-	-	y	-	?	-	-	?	-	y	+	y	y	y	-	-
	Météo France - AROME	-	-	y	-	?	-	-	?	-	y	+	y	y	y	-	-
	MétéoSuisse - COSMO-2	-	+	y	-	?	-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	MétéoSuisse - COSMO-7	-	y	y	-	?	-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	ZAMG - ALARO-ALADIN	-	+	y	-	?	-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	ZAMG - AROME	-	y	y	-	?	-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	ECMWF	-	+	y	+	?	-	-	?	-	y	y		o	y	-	o
	UKMO	-	y	y	-	?	-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
	GSF	-	+	y	+	?	-	-	?	-	-	y		y	y	-	o
	WRF	-	+	y	-	?	-	-	?	-	-	-		y	y	-	-
Weitere	-	y	y	-	?	-	-	?	-	y	-		o	y	-		
Ensemble- VHS	ECMWF - EPS	y	y	y	-	?	-	-	?	-	y	y		y	y	-	-
	COSMO - LEPS	-	+	y	+	?	-	y	?	y	o	-	y	y	y	-	-
	COSMO DE - EPS	y	y	y	y	?	y	y	?	y	o	+	y	y	y	-	-
	SRNWP - PEPS	-	y	y	-	?	-	-	?	y	-	-		y	y	-	-
	Weitere	-	o	y	-	?	-	-	?	-	y	-		y	y	-	
Spezial- vorhersagen	DWD - SNOW4	y	+	y	+	?	-	+	?	y	o	+	o	+	+	-	+
	MeteoGroup - MOS	+	+	y	-	?	-	-	?	-	y	y		y	y	-	y
	DWD - OOG	y	y	y	+	?	-	y	?	y	y	y		y	y	-	+
	DWD - OMG	y	y	y	+	?	-	y	?	y	y	y		y	y	-	y
	DWD-RWB-Beratungsprodukte	o	+	y	-	?	-	y	?	o	y	y		o	+	-	o
Weitere	-	y	y	-	?	-	-	?	-	y			o	y	-		

Stand: 18.10.2017

-	aus Sicht BL: nicht benötigt
y (0 %)	keine Nutzung
o (50 %)	qualitative Nutzung
+ (100 %)	Nutzung als Modellinput

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D: Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Tabelle D-6: Absicherung der WQ-Beziehung in den extremen Hochwasserbereich, BL

Bogen 2: Evaluation zu abgesicherten WQ-Beziehungen bis in den extremen HW-Bereich																	
LAWA-Handlungsempfehlung: Erarbeitung von abgesicherten Wasserstands-Abfluss-Beziehungen für hochwasserrelevante Pegel bis in den extremen Hochwasserbereich (bzw. bis sinnvolle Obergrenze wie Deichkrone)																	
Zustand	Kriterium	Umsetzungsgrad in den Bundesländern															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
2017	Extrapolationsbereich	87%	66%	28%	26%	k.A.	40%	89%	k.A.	93%	25%	97%	92%	100%	75%	100%	72%
	Extrapolationsmethodik	54%	87%	11%	28%	k.A.	53%	87%	k.A.	94%	82%	100%	61%	86%	67%	62%	51%
	Gesamt (Durchschnitt)	70%	76%	20%	27%	k.A.	47%	88%	k.A.	94%	54%	99%	76%	93%	71%	81%	62%
2013	Extrapolationsbereich	78%	65%	75%	25%	k.A.	40%	88%	k.A.	54%	0%	25%	83%	100%	75%	25%	66%
	Extrapolationsmethodik	25%	88%	30%	30%	k.A.	30%	86%	k.A.	56%	80%	100%	66%	86%	27%	30%	48%
	Gesamt (Durchschnitt)	52%	76%	52%	27%	k.A.	35%	87%	k.A.	55%	40%	63%	75%	93%	51%	27%	57%

Stand der Auswertung: 16.01.2018

zugehörige Abbildungen: D-1, D-3

Tabelle D-7: Absicherung der WQ-Beziehung in den extremen Hochwasserbereich, WSV

Bogen 2: Evaluation zu abgesicherten WQ-Beziehungen bis in den extremen HW-Bereich										
LAWA-Handlungsempfehlung: Erarbeitung von abgesicherten Wasserstands-Abfluss-Beziehungen für hochwasserrelevante Pegel bis in den extremen Hochwasserbereich (bzw. bis sinnvolle Obergrenze wie Deichkrone)										
Zustand	Kriterium	Umsetzungsgrad WSV im Stromgebiet								
		WSV Rhein	WSV Elbe	WSV Donau	WSV Ems	WSV Weser	WSV Nordsee	WSV Ostsee	WSV Oder	
2017	Extrapolationsbereich	56%	75%	94%	25%	88%	keine HW-relevanten WSV WQ-Binnenpegel	keine HW-relevanten WSV Binnenpegel	75%	
	Extrapolationsmethodik	42%	40%	30%	30%	30%			30%	
	Gesamt (Durchschnitt)	49%	58%	62%	27%	59%			52%	
2013	Extrapolationsbereich	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
	Extrapolationsmethodik	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
	Gesamt (Durchschnitt)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	

Stand der Auswertung: 19.12.2017

zugehörige Abbildungen: D-2, D-4

## Anlage E: Glossar / Definition von Begrifflichkeiten

Im Kontext der hier durchgeführten Bearbeitung wird verstanden unter:

**Hochwasserrelevanter Pegel:** Für die vorliegende Untersuchung und den Stand 2017 wurde seitens der Bundesländer definiert, welche Binnenpegel in der jeweiligen Landesfläche im Hochwasserfall wichtige Informationen liefern und deshalb als hochwasserrelevant eingestuft werden. Bei dieser Auswahl wurden sowohl Landespegel als auch WSV-Pegel berücksichtigt.

Aspekte, die hierbei eine Rolle spielen, waren beispielsweise folgende Verwendungsmerkmale eines Pegels:

- Pegel der Hochwassermeldeordnung
- Verwendung für die Hochwasservorhersage
- Steuerpegel für wasserwirtschaftliche Anlagen wie z.B. Hochwasserrückhaltebecken
- Lage in hochwassergefährdeten Gebieten
- Lage in Gebieten mit hohem Schadenspotential
- wichtige Hinweis- oder Warnpegel für die Bevölkerung

Hochwasserrelevante Pegel verfügen i.d.R. über einen technisch höherwertigen Ausbauzustand. In Abhängigkeit der oben genannten Kriterien variiert die räumliche Verteilung der hochwasserrelevanten Pegel in Deutschland regions- und flussspezifisch (vgl. Abbildung A-1).

**Hochwasservorhersage:** Bereitstellung quantitativer, über ein Hochwasservorhersagemodell berechneter Informationen über den zukünftig erwarteten Wasserstandsverlauf an einem Pegel. Eine Vorhersage enthält im Zeitraum des Vorhersagehorizontes mehrere konkrete Angaben (z.B. als Ganglinie in Stundenwerten) zu den erwarteten Wasserständen am Pegel [cm, m, ...] und den zugehörigen Eintrittszeitpunkten.

Einige Vorhersagezentralen veröffentlichen einen erweiterten, an die Vorhersage anschließenden Zeithorizont, der als **Abschätzung** gekennzeichnet wird. Die Abschätzung der weiteren Tendenz wird speziell gekennzeichnet, da sie mit höheren Unsicherheiten behaftet ist als die zeitlich kürzere Vorhersage.

**Hochwasserwarnung:** Bereitstellung „halbquantitativer“ Informationen über eine zukünftig erwartete Überschreitung von hochwasserrelevanten Kennwerten (z. B. Meldestufe 2, 50-jährliches HW o. ä.) an einem Pegel, einem Flussabschnitt oder einer Warnregion (z.B. Landkreis). Eine Warnung enthält i. d. R. eine „unscharfe“ Angabe zum erwarteten Eintrittszeitpunkt (z. B. ab dem Abend..., nach 20 Uhr...).

Sofern nicht explizit anders erwähnt, wird im vorliegenden Kontext nicht zwischen „aktiven Warnungen“ (die dem Nutzer z.B. per Fax o.ä. zugestellt werden) und „passiven Warninformationen“ (die z.B. im Internet veröffentlicht werden) unterschieden.

**Hochwassermeldung:** Informationen über das bereits eingetretene und gemessene Erreichen bzw. die gemessene Überschreitung eines hochwasserrelevanten Kennwertes (z.B. Meldestufe 2) an einem Pegel oder einem Flussabschnitt. Eine Meldung enthält i.d.R. auch eine konkrete Zeitangabe.

**Hochwasserlagebericht:** Beschreibende Informationen über die aktuelle Hochwasserlage und deren weitere Entwicklung. Meist beginnt der Bericht mit der Beschreibung der hochwasserauslösenden Faktoren (Wetter, Niederschlag, Schneeschmelze), gefolgt von einer Beschreibung der aktuellen Gefährdungslagen (Hochwasser-Meldestufen, Jährlichkeiten) und einer Abschätzung der weiteren Entwicklung. Ein Lagebericht kann zusammenfassend auch Warnungen enthalten.

**Hochwasservorhersagemodell:** Rechentechnisch umgesetzter mathematischer Algorithmus zur Beschreibung der zu Hochwasser führenden hydrologischen Prozesse im Gewässereinzugsgebiet und zur Beschreibung des Hochwasserablaufes in der Gewässerstrecke unter Berücksichtigung seiner Eigenschaften in Echtzeit, um auf die zukünftige Entwicklung des Wasserstandes und Abflusses zu schließen. Der Abstraktionsgrad des Modells gegenüber der Natur ist abhängig vom gewählten mathematischen Algorithmus.